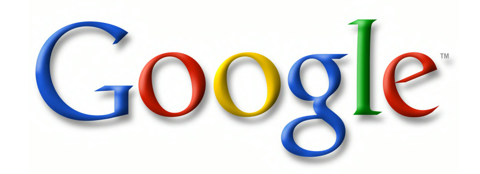



NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06640688 9

Die

binokularen Instrumente

Nach Quellen bearbeitet

von

Moritz von Rohr

Dr. phil., Wissenschaftlichem Mitarbeiter der optischen Werkstätte
von Carl Zeiss in Jena

Mit 90 Textfiguren



Berlin

Verlag von Julius Springer

1907

Die

binokularen Instrumente

Nach Quellen bearbeitet

von

Moritz von Rohr

Dr. phil., Wissenschaftlichem Mitarbeiter der optischen Werkstätte
von Carl Zeiss in Jena

Mit 90 Textfiguren

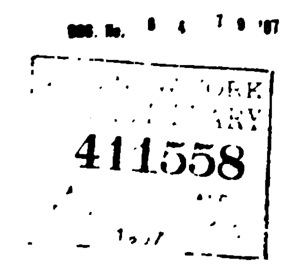


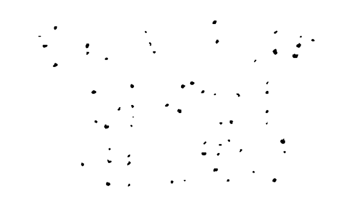


Berlin

Verlag von Julius Springer

1907





Vorwort.

Die quellenmäßige Darstellung der Entwicklung der binokularen Instrumente hat in erster Linie einen historischen Zweck; sie soll die meistens übersehenen Prioritätsrechte der älteren und verdienstvolleren Generation feststellen und dadurch die Möglichkeit bieten, die auf Unkenntnis des Früheren zurückzuführenden Nacherfindungen von Instrumenten zu vermeiden, wie sie in der neueren Zeit beinahe zur Regel geworden sind. In diesem Sinne steht die Schrift etwa auf derselben Stufe wie meine 1899 veröffentlichte Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs, nur geht sie weniger auf die Einzelheiten ein, weil das Interesse an den binokularen Instrumenten nicht so groß ist, und die Urheberschaft sowie der Zeitpunkt wesentlicher Änderungen nicht immer so leicht festgestellt werden konnten wie bei den verschiedenen Objektivtypen. Ich habe ferner eine Behandlung der allerneuesten (über das Jahr 1900 hinausgehenden) Geschichte dieser Instrumente vermieden, weil ich ihr gar zu nahe stehe: Herr C. Pulfrich, mein Kollege, hat seine mit Recht allgemein anerkannten Instrumente selber so eingehend beschrieben, daß ich es für sie bei einem Hinweise im Literaturverzeichnis bewenden lassen konnte. Und was meine eigene Tätigkeit an dem angeht, was ich noch 1903 für eine neue Begründung der Theorie der binokularen Instrumente hielt, so hat mich eine eingehendere Durchforschung der älteren Literatur erkennen lassen, daß man mit einem solchen Unterfangen nur offene Türen einrennt. Es ist nur noch übrig, die schöne Auffassung des Sehvorganges, die die wissenschaftliche Welt Herrn A. Gullstrand verdankt, dem folgerichtigen System der binokularen Wahrnehmung einzupassen, das die ältere Generation ihren Nachfahren hinterlassen hat. Die Lehre von den binokularen Instrumenten hat schwerlich mehr große Überraschungen zu bieten: sie stellt sich — zum Bedauern des ausführenden Optikers — im Wesentlichen als abgeschlossen dar.

Ich nehme übrigens durchaus nicht an, meine historische Darstellung sei lückenlos. Das kann sie schon aus dem Grunde nicht sein, weil mir frühere Zusammenstellungen über binokulare Instrumente überhaupt nicht zu Gesicht gekommen sind. Das Stereoskop allein ist da-

gegen häufiger behandelt worden. Die reichhaltigste Literatursammlung dazu findet sich in der HELMHOLTZischen Physiologischen Optik; sie berücksichtigt zwar die eigentlich wissenschaftliche Literatur, läßt aber die fast noch wichtigere photographische fast ganz außer acht, und die aus den Kreisen der Photographen stammenden Schriften geben äußerst selten auch nur einige historische Nachweise. Ich muß daher um eine nachsichtige Beurteilung meiner Arbeit bitten und will nur noch dem Wunsche Raum geben, es möchten die von mir gelassenen Lücken von anderer Seite geschlossen werden.

Ein weiterer Zweck meiner Darstellung ist aber der, eine andere Auffassung von dem Wesen der binokularen Instrumente zu begründen als sie bisher üblich gewesen ist. Auch noch in neuerer Zeit werden sie nicht im Zusammenhange dargestellt, sondern es wird meistens nur das Stereoskop als ihr wichtigster Vertreter behandelt; man begegnet dabei nicht selten der Auffassung, als sei dieses Instrument eine besonders pfiffig gebaute Lupe und stehe etwa mit den andern Instrumenten zu subjektivem Gebrauch in einem Fach. Es scheint mir demgegenüber der nachdrückliche Hinweis auf die durchaus nicht neue Erkenntnis wünschenswert, daß alle, aber auch wirklich alle Instrumente für subjektiven Gebrauch eingerichtet werden können zur Benutzung beider Augen, und daß sie unter gewissen, genau zu umgrenzenden Bedingungen den unokularen Instrumenten genau so überlegen sein müssen wie der Zweiäugige dem Einäugigen.

Wenn unsere theoretische Optik, die bisher fast stets ihre Tätigkeit einstellte, sobald die Beziehung des Bildes zum Instrument erledigt war, sich darauf besinnt, daß für den sehenden Menschen dieses Bild auch noch auf das Auge zu beziehen ist, wenn sie also die alte „Sehe-Kunst" aus der Rumpelkammer hervorholt, so werden auch die binokularen Instrumente ihre richtige Stellung in dem System der Optik erhalten.

Jena, im September 1907.

Moritz von Rohr.

Die im theoretischen und historischen Teil vorkommenden, fetten Kursivzahlen hinter einem Autornamen beziehen sich auf die Ordnungszahlen im Literaturverzeichnis (S. 204 bis 223), die gewöhnlichen Kursivzahlen auf die Seitenzahlen der zitierten Arbeit.

Inhaltsverzeichnis.

(Die Ziffern beziehen sich auf die Seitenzahl.)

I. Theoretischer Teil.

II. Historischer Teil.

1. Die Zeit vor CH. WHEATSTONE und die moderne Entwicklung der holländischen Doppelfernrohre.

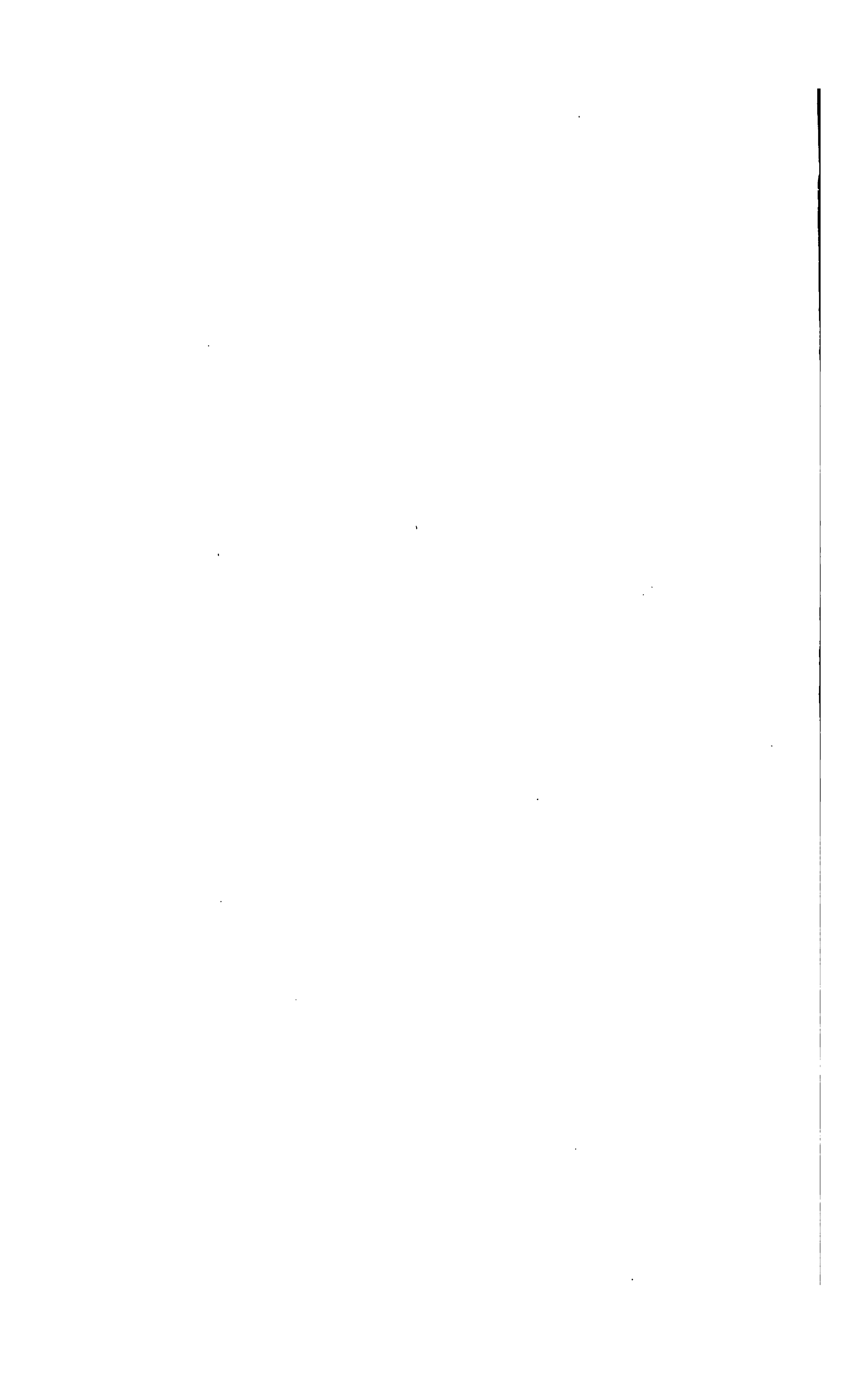
2. Das Spiegelstereoskop CH. WHEATSTONES und die Zeit bis zur Erfindung des BREWSTERschen Prismenstereoskops.

5. Der Tiefstand des Interesses in den siebziger und achtziger Jahren.

6. Das Erwachen des Interesses in den neunziger Jahren.

III. Systematischer Teil.

I. Theoretischer Teil.



Einleitung.

Wenn die optische Literatur über das Stereoskop, von gelegentlichen Aufsätzen und von Leitfäden zur Anfertigung von Stereogrammen abgesehen, nicht groß ist, so liegt das wohl hauptsächlich an der Kompliziertheit der Aufgabe, vor die der Optiker gestellt wird. Einmal sind die Funktionen der Augen bei der Benutzung der hierhergehörigen Instrumente nicht ganz einfach, und ferner ist die Beziehung zu den photographischen Verfahren so eng, daß eine genauere Bekanntschaft mit den Vorgängen bei der photographischen Aufnahme notwendig ist.

Nach beiden Richtungen hin waren nun lange Zeit hindurch große Lücken vorhanden. Wohl hatten die Physiologen seit der Erfindung des Stereoskops und zum guten Teil mit Hilfe dieses Instruments die Wirkungsweise der Augen erforscht, aber sie drückten ihre Resultate in einer solchen Weise aus, daß die Optiker das für ihre Zwecke wichtige daraus nicht entnommen haben. Auf der andern Seite war zwar das allgemeine Prinzip schon von E. Abbe aufgestellt worden, wonach der Abbildungsvorgang beim photographischen Objektiv behandelt werden konnte, aber es fehlte die Durchführung im einzelnen, so daß die Anwendung der allgemeinen Lehre auf die vorliegenden Fälle unterblieb. Wenn nun die zuletzterwähnte Lücke verhältnismäßig leicht auszufüllen war und tatsächlich gleichsam zufällig geschlossen wurde, so blieb die erste um so länger offen stehen, weil in einer geradezu erstaunlichen Verblendung bei der Behandlung der verschiedenen Instrumente der eigentliche Sehvorgang wieder und immer wieder unberücksichtigt gelassen wurde. Eine befriedigende Behandlung der hier vorliegenden Aufgaben wurde erst möglich, als der Ophthalmologe Allvar Gullstrand die Optiker gelehrt hatte, das Auge im direkten Sehen als ein System aufzufassen, das von den künstlichen Instrumenten prinzipiell verschieden sei.

Als dieser Unterschied klar geworden war, machte die Theorie des Stereoskops und der verwandten Instrumente keine besonderen Schwierigkeiten mehr; sie soll im folgenden auseinandergesetzt werden. Die binokularen Instrumente sollen hier behandelt werden einmal unter Berücksichtigung der eigentümlichen Strahlenbegrenzung durch das Auge beim indirekten und beim direkten Sehen, wie sie A. GULLSTRAND zu formulieren gelehrt hat. Sodann aber soll in Anwendung der von E. ABBE niedergelegten Grundsätze stets die auf der Objektseite der abbildenden Instrumente eintretende Strahlenbegrenzung verglichen werden mit den entsprechenden Verhältnissen, wie sie für die das Instrument benutzenden Augen gelten. Auf diese Weise sollen Vorhandensein und Sinn etwaiger Änderungen der Raumerfüllung ermittelt werden, die der Gebrauch des Instruments nach sich ziehen könnte. Mit dieser den Boden der geometrischen Optik nicht verlassenden Feststellung ist aber auch der theoretische Inhalt dieser Studie erschöpft, und es ist weder beabsichtigt, auf physiologische oder psychologische Probleme anders als im Laufe der historischen Darstellung einzugehen, noch etwa — soweit es sich um das Stereoskop handelt — das photographisch-chemische Gebiet zu streifen. Es sollen also, um auf den ersten Punkt noch einmal zurückzukommen, die Strahlen nur bis zu den Augen verfolgt werden, so daß dadurch für die physiologischen und psychologischen Untersuchungen eine gewisse Vorarbeit geleistet wird.

Das Sehen mit einem Auge.

Wird ein Objekt von einigermaßen großer Winkelausdehnung aufmerksam betrachtet, so dreht sich der Augapfel in seiner Höhle um einen bestimmten Punkt, und die verschiedenen, nach den auffälligen Punkten zielenden Blicklinien gehen alle durch diesen *Augendrehungspunkt* C. Die Mannigfaltigkeit der direkt gesehenen (*fixierten*) Punkte läßt sich auf unendlich viele Weisen durch eine ebene Darstellung wiedergeben (Fig. 1). Zu größerer Deutlichkeit sei aus dieser Zahl die folgende ausgewählt. Nach einem bestimmten, meistens in Augenhöhe angenommenen, Objektpunkt O sei eine Blicklinie CO gezogen und als *Hauptblicklinie* bezeichnet. In diesem Objektpunkt sei auf ihr eine senkrechte, also meistens vertikale Ebene errichtet, die als *Einstellungsebene* bezeichnet werden möge. Von dem Augendrehungspunkt aus seien alle direkt gesehenen Punkte auf diese Einstellungsebene projiziert: Die so entstandene ebene Punktmannigfaltigkeit ist das *Abbild* des Objekts für das *direkte Sehen.*

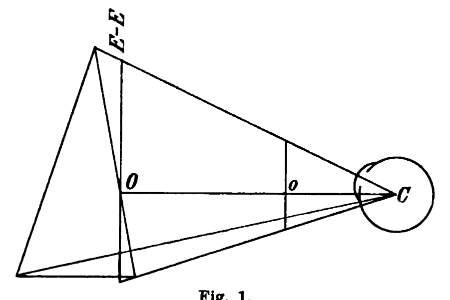


Fig. 1.
Das vollständige Abbild für das direkte Sehen und die richtig eingeschaltete, verkleinerte Abbildskopie.

Die Verbindung zwischen den fixierten Punkten wird durch die *Füllperspektiven* des indirekten Sehens bewirkt, deren Projektionszentrum die etwa 11 mm vor dem Drehungsmittelpunkt gelegene Pupillenmitte ist. Der Umstand, daß die beiden Projektionszentren, das wichtigere der auffälligen oder beachteten Punkte, und das unwichtigere der nicht besonders beachteten, nicht zusammenfallen, macht es im strengen Sinne unmöglich, einen völlig naturgetreuen Ersatz für ein körperliches Objekt auf einer Ebene zu schaffen. Denn wenn ein nicht in der Einstellungsebene gelegener Punkt zwei verschiedenen Füllperspektiven als Randteil angehört, so muß er beim Übergang von der einen Füllperspektive zur andern eine scheinbare Bewegung ausgeführt haben, da sich ja das Projektionszentrum bewegt hat. Das ist aber bei einer ein für allemal aus-

geführten ebenen Darstellung unmöglich. Für die meisten Zwecke ist indessen dieser Unterschied in den beiden Perspektiven, auf den man eine ganze Theorie einer einäugigen Tiefenwahrnehmung hat aufbauen können, zu geringfügig, als daß seine Vernachlässigung stören könnte. Einmal ist der Abstand von 11 mm zwischen den beiden Projektionszentren nur klein, während nicht nur die Einstellungsebene sondern auch die nächsten Objektpunkte im Verhältnis dazu stets sehr weit entfernt liegen. Sodann aber ist auch die angulare Ausdehnung der Füllperspektiven nur gering. Es wird also in der Regel nicht auffallen, wenn man eine von dem Augendrehungspunkt aus konstruierte Perspektive als vollständiges Abbild für das direkte Sehen an die Stelle des Objekts setzt.

Zusammenfassend kann man sagen, daß ein vollständiges, vom Augendrehungspunkt aus konstruiertes Abbild ohne Nachteil für das Objekt eintreten kann, wenn darin nur die Farben und die Heligkeitswerte richtig wiedergegeben werden. Es braucht nur an Theaterszenen oder besser noch an gute Rundgemälde erinnert zu werden, damit man sich vergegenwärtigt, daß gute flächenhafte Darstellungen sehr wohl einen körperlichen Eindruck machen, m. a. W. *plastisch* wirken können.

Es ist aber für diese plastische Wirkung nicht notwendig, daß sich die Fläche der perspektivischen Darstellung ungefähr an dem Orte der Einstellungsebene befindet. Es kann sich auch, wie bei den meisten Gemälden und fast allen Photogrammen, um eine Verkleinerung des objektseitigen Abbildes handeln, wenn nur diese winkeltreue verkleinerte Abbildskopie an der durch ihren Maßstab bestimmten Stelle o in den Strahlengang eingeschaltet wird. Ein solcher Fall ist in Fig. 1 dargestellt worden.

Solche verkleinerte Abbildskopien erzeugen der Maler und der Zeichner durch die bewußte Anwendung der perspektivischen Regeln, erzeugt das photographische Objektiv auf Grund derselben Gesetze von selbst. Es ist zum Verständnis der von einem photographischen Objektiv gelieferten Darstellungen nur nötig zu wissen, daß das abbildende System von jeder achsensenkrechten, ebenen Zeichnung ein winkeltreues, meist verkleinertes Bild entwirft. Für die nachfolgenden Auseinandersetzungen wird meistens die Annahme gültig sein, daß die durch das System hindurchtretenden Büschel eng sind, also je durch einen einzelnen die Blendenmitte durchsetzenden Strahl vertreten werden können. Nach diesen Voraussetzungen ist die Funktion des photographischen Objektivs einfach zu beschreiben (Fig. 2). Es wird so aufgestellt, daß seine Achse PO mit der Hauptblicklinie, die Mitte seiner Eintrittspupille mit dem Orte des Augendrehungspunkts zusammenfällt. Alsdann läßt sich am Orte der Einstellungsebene des Auges das objektseitige Abbild für das photographische Objektiv konstruieren, das selbstverständlich mit dem vollständigen vom Augendrehungspunkte aus konstruierten Abbilde identisch ist.

Von dieser Darstellung liefert das photographische Objektiv eine winkeltreue verkleinerte Kopie, die sich, wie schon gesagt und in Fig. 1 veranschaulicht, bei o in den vom Augendrehungspunkt ausgehenden Strahlenkegel einschalten läßt. Geschieht das in richtiger Weise, so geht jeder nach irgend einem Objektpunkte zielende Strahl auch wirklich durch den ihn repräsentierenden Punkt der Abbildskopie. Die Winkel am Projektionszentrum, die *Gesichtswinkel*, bleiben unverändert, auch wenn man sich das ursprüngliche Objekt fortgenommen denkt und seine scheinbare Größe nur durch die Sehstrahlen nach den verschiedenen Punkten der Abbildskopie bestimmt. Ist der Maßstab der Kopie sehr klein gewählt, der Ort der Einschaltung dem Auge also sehr nahe, so kann die Akkommodationsanstrengung des Auges die Illusion stören, und das wird namentlich bei den Bildern eintreten können, die von modernen, gut korrigierten photographischen Objektiven mit ihren kurzen Brenn-

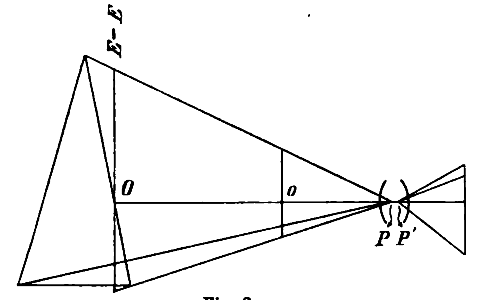


Fig. 2.
Das objektseitige Abbild bei der photographischen Aufnahme und die Entstehung der verkleinerten Abbildskopie.

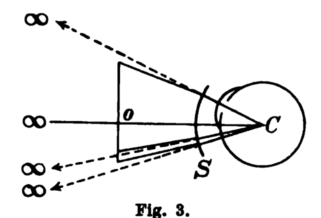


Fig. 3.
Eine schematische Darstellung der Wirkung einer orthoskopischen Betrachtungslinse S bei Abbildskopien in sehr kleinem Maßstabe.

weiten geliefert werden. In einem solchen Falle (Fig. 3) wird man zweckmäßig eine passende Sammellinse anwenden, die, zwischen Auge und Abbildskopie gebracht, von dieser in einer bequemen (zweckmäßig unendlich großen) Akkommodationsentfernung ein virtuelles, vergrößertes Bild entwirft, das dem beobachtenden Auge unter denselben Winkeln erscheint, die sich für die Gegenstände selbst im direkten Sehen ergaben. Denn sind diese Winkel identisch mit jenen, ist die Akkommodationsanstrengung nicht merkbar verschieden, sind die Helligkeits- und wenn möglich auch die Farbenwerte genügend gut nachgeahmt, so kann die Vorstellung der Raumerfüllung aus der einäugigen Betrachtung der Abbildskopie auf Grund der Erfahrung in derselben Weise entstehen wie aus der einäugigen Betrachtung des objektseitigen Abbildes oder endlich der Gegenstände selbst.

Wird aber die Forderung der Identität der Winkel nicht erfüllt, so sind die geometrischen Bedingungen auch dafür nicht mehr vor-

handen, daß die Erfahrung aus der Betrachtung der Abbildskopie beispielsweise eines Würfelskeletts dieselbe Raumerfüllung (Fig. 4) erschließe wie aus der Betrachtung des Objekts selbst. Ganz allgemein läßt sich keine einfache Angabe über die Folgen machen. Nimmt man, was sehr häufig zutrifft, an, daß die Hauptblickrichtung dieselbe geblieben, und nur die Entfernung des Augendrehungspunkts von der Abbildskopie geändert worden sei, so kann man für die Tiefenausdehnung aller Objekte, deren Breiten- und Höhenverhältnisse bekannt sind, die folgenden Aussagen machen:

Liegt der Augendrehungspunkt der Abbildskopie zu nahe, sind also die Gesichtswinkel zu groß, so können solche Objekte verhältnismäßig

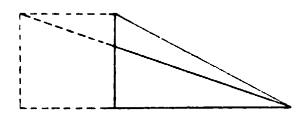


Fig. 4.
Die Rekonstruktion eines Objekts von gleichmäßiger Höhe bei richtigem Abstande von der Abbildskopie.

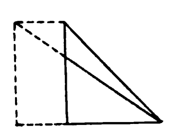


Fig. 5.
Eine Fälschung der Raumvorstellung für ein Objekt von gleichmäßiger Höhe bei verkleinertem Abstande von der Abbildskopie.

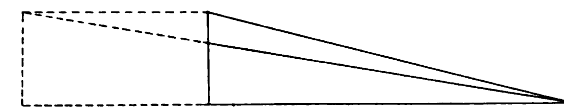


Fig. 6.
Eine Fälschung der Raumvorstellung für ein Objekt von gleichmäßiger Höhe bei vergrößertem Abstande von der Abbildskopie.

abgeflacht erscheinen (Fig. 5), und sie können vertieft wirken (Fig. 6). wenn das Drehungszentrum des Auges der Abbildskopie zu fern liegt, die Gesichtswinkel also zu klein ausfallen. Bei solchen Änderungen der Winkel sind dann alle geometrischen Bedingungen für die beschriebenen Modifikationen des Eindrucks der Raumerfüllung gegeben. Eingehendere Ableitungen finden sich bei M. von Rohr (*2. 275.*).

Selbstverständlich gilt genau das gleiche auch für die optischen Instrumente, die virtuelle Abbildskopien entwerfen, und bei diesen ist so gut wie ausnahmslos der vorher allein betrachtete Fall verwirklicht, daß die Hauptblickrichtung erhalten bleibt.

Man wird zweckmäßigerweise die zusammengesetzten Instrumente, das Mikroskop für schwächere Vergrößerungen und das Fernrohr, für die hier besprochenen Zwecke auffassen als bestehend aus zwei Bestandteilen. Diese sind erstens das als Projektionssystem dienende Objektiv, das von dem in der Regel unter kleinen Gesichtswinkeln erscheinenden objektseitigen Abbilde eine umgekehrte Kopie entwirft, und dann das

Okular, das diese Abbildskopie unter Umständen wieder aufrichtet, sie aber in jedem Falle dem Auge unter Gesichtswinkeln darbietet, die wesentlich größer sind als die auf der Objektseite bestehenden. Gerade darin besteht ja die beabsichtigte Vergrößerungswirkung dieser Instrumente. Nach dem Vorhergegangenen muß sie bei bekannten Objekten verbunden sein mit einer Änderung der Raumanschauung; es ist das gleichsam der Preis, den man für die Vergrößerung der Gesichtswinkel zu zahlen hat.

Diese Änderung der Gesichtswinkel hat für die optischen Instrumente eine solche Bedeutung, daß man zweckmäßig ihre Einteilung und Behandlung unter diesem Gesichtspunkte vornehmen sollte.

Das Sehen mit beiden Augen.

Beim beidäugigen Sehen gelten für jedes Auge die soeben angestellten Überlegungen durchaus. Zum besseren Verständnis des gleichzeitigen Gebrauchs beider Augen kann man für jedes einzelne die oben besprochene Konstruktion des vollständigen Abbildes im direkten Sehen durchführen. Wenn nach allgemeinem Gebrauch ein von beiden Augen fixierter Punkt als *Konvergenzpunkt* bezeichnet wird, und der von beiden Blicklinien eingeschlossene Winkel als *Konvergenzwinkel*, so wird es hier für die Konstruktion der Abbilder notwendig sein, einen bestimmten *Hauptkonvergenzpunkt* O zu wählen (Fig. 7). Es ist dann ohne weiteres klar, daß die beiden Einstellungsebenen miteinander den *Hauptkonvergenzwinkel* v einschließen. Der Sicherheit wegen sei noch einmal darauf aufmerksam gemacht, daß dem Hauptkonvergenzpunkte nicht für den Sehvorgang sondern nur für die Konstruktion richtiger Abbilder eine besondere Wichtigkeit zukommt. Mit wachsender Entfernung des Konvergenzpunktes wird der von den Blicklinien eingeschlossene Konvergenzwinkel kleiner und kleiner. Setzt man die Nahepunktsentfernung normaler Augen auf 25 cm an, so ergibt sich bei einem Abstande der Drehungszentren von 65 mm ein Konvergenzwinkel von ziemlich genau 15 Graden, der bei der Fixierung eines unendlich weit entfernten Gegenstandes bis auf 0^0 herabsinkt.

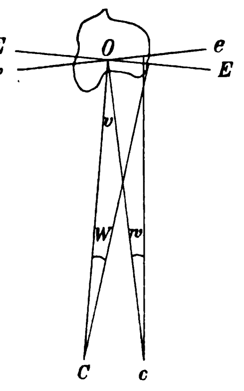


Fig. 7.
Die Lage der Abbilder beim beidäugigen Sehen.
v der Konvergenzwinkel,
O der Hauptkonvergenzpunkt,
c, C die beiden Augendrehungspunkte.

Die beiden Abbilder eines nahen Objekts sind, wie aus ihrer Entstehung ohne weiteres hervorgeht, einander nicht ähnlich. Sie werden von den beiden Augen einzeln wahrgenommen und bewirken, im Gehirn

vereinigt, eine Anschauung über die Raumgliederung. Faßt man beide Augen als das Sehorgan zusammen, so kann man von einer Tiefen*wahrnehmung* reden im Gegensatz zu dem Einzelauge, wo nur von einer Tiefen*vorstellung* gesprochen werden konnte. Diese dem Menschen mit normalem Sehapparat eigentümliche Art der Tiefenwahrnehmung bezeichnet man als *stereoskopischen* Eindruck, und es wird gut sein, ihn streng von dem plastischen Eindruck zu trennen, den das Einzelauge liefern kann.

Die stereoskopische Wahrnehmung kann rein im indirekten Sehen erfolgen, beispielsweise bei momentaner Beleuchtung naher Objekte durch einen Blitzschlag, doch ist dann bei den meisten Beobachtern die Deutlichkeit auf die dem fixierten benachbarten Punkte beschränkt. Eine deutliche stereoskospische Wahrnehmung kommt aber dann zustande, wenn man die verschiedenen Punkte des betrachteten Gegenstandes nacheinander fixiert. Dabei ändert sich, solange es sich um nahe Objekte handelt, ständig der Konvergenzwinkel und mit ihm der Akkommodationszustand der beiden Augen.

Rückt der Gegenstand in eine größere und größere Entfernung, so werden die Abbilder weniger und weniger unähnlich, um für unendlich entfernte Objekte einander ähnlich zu werden. Wenn die stereoskopische Wahrnehmung aber schon früher eine Grenze hat, so liegt das an der beschränkten Schärfe des Gesichtssinnes. Nimmt man eine halbe Bogenminute als die normale Größe des Winkels an, den der Seitenabstand zweier vertikaler Striche dem Auge bieten muß, wenn der eine nicht als Verlängerung des andern erscheinen soll, so läßt sich daraus in einfacher Weise die Entfernung der Vertikalen ermitteln, die sich beim beidäugigen Sehen noch eben von einem unendlich fernen Hintergrund abhebt. Sie ergibt sich, je nach dem Abstande der Augendrehungspunkte von 50 bis 72 mm zu etwa 344 bis 495 m, wie das von M. von Rohr (*2. 278–281.*) auseinandergesetzt worden ist.

Aus dem, was vorher über das Sehen mit einem Auge gesagt worden ist, folgt leicht eine Methode, die man einschlagen kann, um ein körperliches Objekt auch für das Sehen mit zwei Augen durch flächenhafte Darstellungen vorzustäuschen. Man bietet jedem einzelnen Auge eine vom Orte des Drehungspunktes konstruierte vollständige Abbildskopie dar und sorgt dafür, daß das für das andere Auge bestimmte Bild das erste nicht störe. Wenn nun durch einen solchen Ersatz der beiden Abbilder auch die Augenbewegungen in korrekter Weise reguliert werden — die Bedeutung der Füllperspektiven ist wieder von geringerer Wichtigkeit —, so ist doch immer der Unterschied gegen die Wirklichkeit vorhanden, daß die Akkommodation sich nicht mehr mit der Konvergenz ändern muß, sondern im wesentlichen konstant bleiben kann. Sieht man aber von diesem allen flächenhaften stereoskopischen Bildern ge-

meinsamen Mangel ab, so kann die Naturtreue des stereoskopischen Eindruckes außerordentlich weit gehen.

Die verschiedenen Einrichtungen, wie sie vorgeschlagen wurden, um die beiden Bilder (auch stereoskopische *Halbbilder* genannt) den beiden Augen darzubieten, sollen in dem hauptsächlichen, historischen Teile dieser Studie zusammengestellt werden. Es kommen hier, genau wie beim einäugigen Sehen, die beiden Fälle vor, daß die Bilder virtuell sind, da sie von zusammengesetzten Instrumenten geliefert werden, und daß es sich bei der unterbrochenen Abbildung um physische Abbildskopien handelt, die entweder direkt oder (häufig zur Überwindung von Akkommodationsschwierigkeiten) durch Linsensysteme betrachtet werden. In der ersterwähnten Klasse, die auch in der Geschichte zuerst auftrat, allerdings ohne daß man damals recht erkannt hätte, worum es sich handelte, erscheinen die Abbildskopien den Augen unter vergrößerten Winkeln, dabei sind besonders wichtig und gleichzeitig einfach zu behandeln die Fernrohre mit parallelen Achsen. Bei diesen Instrumenten braucht, da sie ja eine Tiefenwahrnehmung vermitteln, nicht wie beim einäugigen Sehen die Voraussetzung gemacht zu werden, daß die Höhen- und die Breitenverhältnisse der Objekte bekannt seien; sondern hier sind auch bei ganz unbekannten Objekten nach M. von Rohr (*2. 289–290.*) alle geometrischen Bedingungen dafür vorhanden, daß die Tiefenerstreckung der Gegenstände proportional der Vergrößerungsziffer zusammenschrumpft. Diese Erscheinung der Änderung der Entfernung ist an jener Stelle als *porrhallaktische* Wirkung beschrieben worden. Bei den Instrumenten mit physischen Abbildskopien, den eigentlichen Stereoskopen, hat man ursprünglich wohl nur die Absicht verfolgt, eine Wiederholung des Eindruckes, eine *homöomorphe* Wiedergabe, zu erzielen, und hat aus diesem Grunde die Gesichtswinkel unverändert erhalten wollen. Im Laufe der Zeit ist man aber in nicht seltenen Fällen von der ursprünglichen Absicht abgewichen, und zwar mit gutem Grunde namentlich dann, wenn man ein Meßverfahren auf die beidäugige Beobachtung gründen wollte. Doch auch bei den eigentlichen Stereoskopen wird sich eine reiche Menge solcher Instrumente aufzeigen lassen, die dann jene charakteristische Formenänderung als einen besonderen und leicht übersehbaren Fall der allgemeinen *Heteromorphie* herbeiführen.

Bei den Stereoskopen im eigentlichen Sinne lassen sich bequem Versuche anstellen, die darauf beruhen, daß man die Abbildskopien gleichsam als selbständige Objekte ansieht, und daß man den Augendrehungspunkten ihnen gegenüber Stellen anweist, die von den richtigen perspektivischen Zentren abweichen. Hierher gehören zunächst symmetrische Verschiebungen der Halbbilder auf die Medianebene zu oder von ihr weg, so daß die Bildmitten einen andern Abstand haben als die Augendrehungspunkte. Die Verbindungslinien je eines Augenzentrums mit dem zu-

gehörigen Bildpunkte liefern dann in ihrer Gesamtheit ein Raumbild, das sich in einer gesetzmäßigen Weise aus dem Objekt ableiten läßt. Die Gesetze einer solchen Wiedergabe waren schon lange vor der Entdeckung der Stereoskopie unter dem Namen der *Reliefperspektive* bekannt. In nicht seltenen Fällen wird man bemerken können, daß eine solche Reliefperspektive gegen den Willen des Ausführenden durch Fehler in der Behandlung der Halbbilder entsteht. Hier genügt es, darauf hinzuweisen, daß das Vor- und Hintereinander selbst (das Vorzeichen der Entfernungsunterschiede) durch solche Verschiebungen nicht gestört wird,

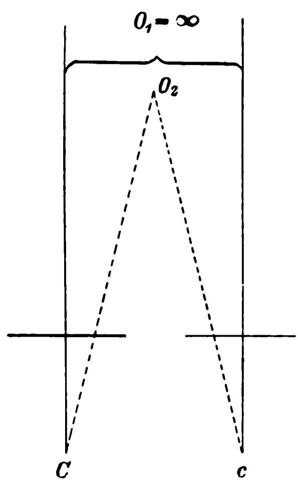


Fig. 8.
Die richtige Betrachtung.
Die Augendrehungspunkte C, c stehen zentrisch vor den zugehörigen Abbildskopien; es ergibt sich die Tiefenstrecke $O_1 O_2 = \infty$.

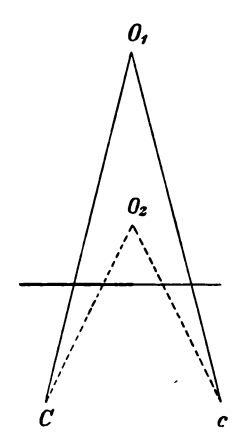


Fig. 9.
Die Reliefperspektive.
Die Abbildskopien sind symmetrisch nach innen verschoben; es ergibt sich die endliche Tiefenstrecke $O_1 O_2$.

dagegen erleiden die Beträge der Entfernungsunterschiede sehr merkliche Änderungen. Man sieht das bei der Anwendung eines noch öfter benutzten Hilfsmittels leicht ein. Nimmt man nämlich die beiden Abbildskopien zunächst in der richtigen Entfernung voneinander an (Fig. 8), so sollen die gestrichelten Graden einen näheren Punkt O_2 bestimmen, während die ausgezogenen Achsen der Halbbilder auf den unendlich fernen Punkt O_1 führen. Verschiebt man nun die Kopien, beispielsweise nach innen (Fig. 9), hält aber den Abstand der Betrachtungszentren fest, so sieht man, daß wohl der Betrag, nicht aber der Sinn der Tiefenausdehnung $O_1 O_2$ geändert wird. Ein gleicher Erfolg ergibt sich bei der Verschiebung der beiden Kopien nach außen, nur wird dann die Entfernung des Punktes O_1 von den Betrachtungszentren und unter Umständen auch die des Punktes O_2 negativ.

Bei der zuerst beschriebenen Verschiebung kann man so weit gehen, daß die ursprünglich rechts befindliche Kopie links liegt, und die vorher links liegende nach rechts rückt (Fig. 10). Man spricht dann kurz von einer Betrachtung mit *gekreuzten* Blickrichtungen, der die erste mit *gleichgerichteten* gegenübersteht. Richtiger würde man sagen, daß bei gekreuzten Blickrichtungen der Hauptkonvergenzpunkt diesseits der Halbbilder, bei gleichgerichteten jenseits von ihnen liegt.

Die oben wiedergegebenen Forderungen für eine ähnliche, homöomorphe Abbildung ergaben sich zwanglos aus den für die unokulare Betrachtung perspektivischer Zeichnungen gültigen Überlegungen. Die Heteromorphie wurde in dem einen, besonders wichtigen Falle der Instrumente mit parallelen Achsen erwähnt, und ihre Entstehung gleichfalls zu der Änderung des Eindrucks beim einäugigen Sehen in Beziehung gesetzt.

So selbstverständlich diese Betrachtungen erscheinen, so umschließen sie doch nicht alle Möglichkeiten der Raumauffassung, die man während der Entwicklung der Stereoskopie verwirklicht hat, und zwar darum nicht, weil sie sich auf die Aufgabe einer ähnlichen oder doch möglichst ähnlichen Wiedergabe des Raumobjekts beschränken.

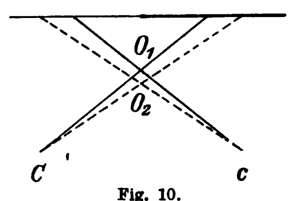


Fig. 10.
Die Betrachtung mit gekreuzten Blickrichtungen.
Die Abbildskopien sind so weit symmetrisch nach innen verschoben, daß die vorher rechts liegende auf die linke Seite gelangt ist; es ergibt sich die endliche Tiefenstrecke $O_1\, O_2$.

Der Bau stereoskopischer Instrumente führte aber ganz von selbst dazu, daß gegen eine wesentliche Bedingung des natürlichen Sehens verstoßen wurde, und die Folge davon war eine grundlegende Änderung der Wiedergabe des Objekts in bezug auf seine Tiefenanordnung, eine Änderung, die der unokularen Beobachtung ganz verschlossen ist. Sie wurde unter der Bezeichnung der *pseudoskopischen* Wahrnehmung bekannt. Die schon von Ch. Wheatstone gegebene, durchaus korrekte Erklärung dieser Erscheinung hat nun den Umweg über die einzelnen Formen der Verwirklichung nehmen müssen, während E. Abbes gewaltiges Abstraktionsvermögen bei der Behandlung eines wichtigen speziellen Falles zuerst einen Weg eingeschlagen hat, auf dem man zu einer bequemen Formulierung des eigentlichen Grundes der Pseudoskopie kommen kann.

Nimmt man den Fall an, daß ein einfaches und einheitlich wirkendes System ein in endlicher Entfernung liegendes Objektrelief reell abgebildet

habe, und daß das zugehörige Bildrelief von einem normalsichtigen Beobachter beidäugig betrachtet werde, so läßt sich die Frage aufwerfen, wie weit die von diesem gemachten Tiefenwahrnehmungen auch für das Objektrelief gültig seien. Man muß nun beachten, daß das System nach der Bezeichnung von S. Czapski *rechtläufig* abbildet, oder daß die Tiefenanordnung des Objektreliefs durch die Abbildung nicht geändert wird. Liegen beispielsweise zwei Objektachsenpunkte A und B so, daß ein aus dem Unendlichen kommender paraxialer Strahl zuerst A und dann B trifft, so wird auch im Bildraume zuerst A′ und dann B′ von dem Lichtstrahl durchsetzt. Die Antwort auf jene Frage lautet also, infolge der Rechtläufigkeit der Abbildung sind die Wahrnehmungen über das Vor- und Hintereinander der verschiedenen Bildpunkte ohne weiteres auch für die Tiefenanordnung der Objektpunkte gültig.

Es steht aber mit dem Vorhergehenden in besserer Übereinstimmung, wenn die Betrachtung auch auf die Verhältnisse im Objektraume eingeht. Da das System als einheitlich wirkend vorausgesetzt worden war, so wird der Gesichtsapparat ⌒|⌒ des aufrechtstehenden Beobachters jedenfalls zusammenhangend im Objektraume abgebildet, und die *Objektaugen* sind entweder umgekehrt ◡|◡ oder aufrecht ⌒|⌒ oder in beiden Fällen auch noch spiegelverkehrt. Setzt man der Einfachheit wegen die Augen des Beobachters in einer horizontalen Meridianebene und symmetrisch zur Achse voraus, und legt man einen Horizontalschnitt durch das ganze System, so liegen die Objektaugen jedenfalls in der Hinsicht ebenso wie bei dem Beobachter im Bildraume, als nähere Achsenpunkte O_2 mehr nasen(medial-)wärts, fernere O_1 mehr schläfen(sagittal-)wärts verlaufende Sehstrahlen verursachen (Fig. 11).

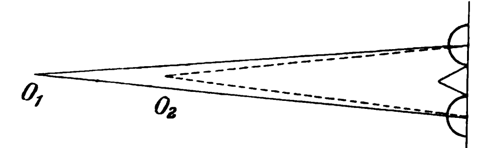


Fig. 11.
Der Strahlenverlauf von den Fußpunkten in einer vertikalen Medianebene befindlicher Objekte.

Aus dieser die Vorgänge im Objektraume berücksichtigenden Überlegung ergibt sich also, daß die Übereinstimmung der Tiefenanordnung im Objekt- und im Bildraume bei einem reellen Bildrelief in dem Falle einheitlich wirkender Systeme verbunden ist mit einer übereinstimmenden Anordnung der Augen in beiden Räumen, so daß in beiden Fällen die Sehstrahlen nach einem ferneren und die nach einem näheren Achsenpunkt eine Winkeldifferenz von gleichem Zeichen aufweisen. Es sei nach M. v. Rohr (*6. 495.*) diese Augenstellung als die *orthopische* eingeführt.

Reicht man, wie die historische Behandlung zeigen wird, für die einfachen stereoskopischen Experimente der Zeit vor Ch. Wheatstone mit der obigen Annahme aus, so kann man für die Behandlung der komplizierteren Instrumente der späteren Zeit (d. h. für das binokulare Mikroskop und das Doppelfernrohr) auch virtuelle Bilder zulassen, wenn

man nur die Voraussetzung macht, das Objektauge des Einzelinstruments liege hinter dem Objekt. Eine solche Annahme ist bei den Fernrohren, mögen sie nun nach dem Typus des astronomischen und terrestrischen oder nach dem des holländischen Fernrohrs gebaut sein, von selbst erfüllt, aber sie gilt auch für das zusammengesetzte Mikroskop, da hier die mit dem Objektauge zusammenfallende Eintrittspupille im allgemeinen virtuell und in beträchtlicher (unter Umständen sogar in unendlich großer) Entfernung hinter dem Objekt angenommen werden kann.

Es liegt nun nahe, und tatsächlich hat die Entwicklung diesen Weg eingeschlagen, das beidäugige Sehen für ferne und für ganz nahe Objekte in der Weise vermitteln zu lassen, daß man jedes Auge mit einem besonderen Instrument ausstattet. Bildet man dann wie vorher das Organ des Gesichtssinnes ⌒|⌒ in den Objektraum ab, so ist es jetzt, wo zwei gesonderte Systeme in Betracht kommen, durchaus nicht mehr notwendig, daß es als ein zusammenhängendes Ganzes abgebildet wird, und also die Objektaugen von selbst ihre natürliche, orthopische Stellung behalten. Setzt man voraus, daß die Augen des Beobachters durch

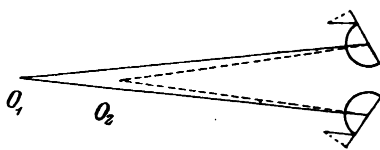


Fig. 12.
Der Strahlenverlauf von den Fußpunkten in einer vertikalen Medianebene befindlicher Objekte bei chiastopischer Stellung der schematisch gezeichneten Objektaugen.

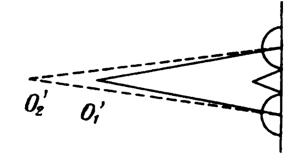


Fig. 13.
Der der Figur 12 entsprechende Strahlengang im Bildraume.

jedes der beiden Instrumente umgekehrt werden, so kann sich sowohl die natürliche Lage ◡|◡ als auch die gekreuzte |◡ ◡| ergeben. Während die erste Möglichkeit auf einen Fall führt, der schon bei der Behandlung der einheitlich wirkenden Systeme erledigt worden war, so zeigt sich in der zweiten eine Anordnung, die bei den einfachen Systemen, die den Gesichtsapparat im ganzen umkehren, undenkbar ist, weil solche Gesichtsapparate in der Natur nicht vorkommen. Nach Analogie der Zusammenfassung der Folgen der orthopischen Augenstellung wird man bei dieser neuen, *chiastopischen* Stellung der Objektaugen eine ungewohnte Tiefenanordnung erwarten, und man sieht sich darin auch nicht getäuscht.

Es ergeben sich in der Tat umgekehrte Tiefen, wie man leicht erkennt, wenn man die Konstruktion für zwei verschieden weit entfernte Punkte im Horizontalschnitte durchführt (Fig. 12). Bei der Betrachtung des objektseitigen Punktepaares O_1 O_2 sind die zu O_1 gehörigen Strahlen nasenwärts verschoben, wenn man sich nach den beiden auf O_2 gerichteten orientiert. Zeichnet man im Bildraume die orthopische Augenstellung und nimmt die für O'_2 gültige Konvergenz als durch das Instrument gegeben an (Fig. 13), so sieht man, daß zwei nasen-

wärts verschobene Sehstrahlen auf einen näher gelegenen Punkt O'_1 führen.

Diese chiastopische Augenstellung findet sich, wie später im einzelnen gezeigt werden wird, bei allen pseudoskopischen Instrumenten, und sie wird zweckmäßigerweise als einfaches Kriterium für die Tiefenanordnung benutzt werden.

Es sei ferner betont, daß eine solche Verlagerung nicht notwendig zwei vollkommen gesonderte Systeme erfordert. Sie kann auch herbeigeführt werden, wenn infolge der Einführung brechender Prismen oder spiegelnder Ebenen der objektseitigen Achsenrichtung zwei bildseitige entsprechen, so daß die beiden Hälften eines abbildenden Systems den beiden Augen einzeln zugeordnet werden. Bei der Behandlung des binokularen Mikroskops werden sich später zahlreiche Formen von Instrumenten dieser Art nachweisen lassen.

Alle diese Betrachtungen können auch angestellt werden, wenn man die virtuellen Bilder der zusammengesetzten Instrumente ersetzt durch die physischen Abbildskopien, wie sie durch photographische Aufnahmen erhalten werden. Man könnte sogar versucht sein, für eine solche Beobachtung eine größere Durchsichtigkeit in Anspruch zu nehmen, weil die Erzeugung der Abbildskopien auch zeitlich getrennt ist von ihrer Wahrnehmung, und deshalb eine gesonderte Behandlung beider Vorgänge näher liegt als bei den, gewöhnlich komplizierter gebauten, Instrumenten für subjektive Beobachtung. Ferner fällt bei der Betrachtung gesonderter physischer Abbildskopien jede Möglichkeit zu der Annahme fort, als beobachte man ein wirkliches Bildrelief, eine Annahme, die sich tatsächlich in einige Arbeiten über binokulare Formen der zusammengesetzten Instrumente eingeschlichen hat. Sehr häufig werden die beiden Abbildskopien auf einem gemeinsamen ebenen Träger zu einem *Stereogramm* vereinigt.

Bei der photographischen Aufnahme ruhender Objekte kann man die gleichzeitige Verwendung zweier Objektive dadurch ersetzen, daß man mit einem einzelnen Objektiv die beiden Aufnahmen nacheinander von zwei verschiedenen Orten aus macht. Und auch dann kann man von einer linken und einer rechten Aufnahme sprechen, je nachdem das Objektiv bei der Aufnahme mehr links oder mehr rechts stand, wobei links oder rechts auf den im Sinne der Lichtrichtung hinter dem Objekt stehenden und in aufrechter Stellung auf das Objekt blickenden Aufnahmeapparat bezogen sind. Man kann diese Zweiseitigkeit zweckmäßig durch das Augensymbol andeuten, doch empfiehlt es sich, die Konturen zu verdoppeln, um die Objektive oder die Objektivstellungen dadurch von den Augen zu unterscheiden. Man hat sich alsdann das entsprechende Projektionszentrum fest mit der Abbildskopie verbunden zu denken, und zwar sind wie auf S. 12 die Richtungen nach einem

näheren Punkte gestrichelt, die einander parallelen Systemachsen ausgezogen worden (Fig. 14). Man sieht ohne weiteres ein, daß so nur die beiden Fälle der Anordnung der Abbilder möglich sind, die man als *orthozentrisch* und als *chiastozentrisch* bezeichnen kann. Das in einer gewöhnlichen Parallelcamera entstehende Doppelnegativ hat eine chiastozentrische Anordnung, da die von einem näheren Objektpunkte ausgehenden Strahlen die Achsenrichtung in den Pupillen schneiden und die Mattscheibe in größerem Abstande als dem der Achsen durchstoßen.

In Übereinstimmung mit dem Vorangegangenen wird man es meistens als eine Bedingung für den orthoskopischen Eindruck ansehen, sobald mit gleichgerichteten Augenachsen beobachtet wird, daß sich die linke Abbildskopie links, die rechte rechts befindet, und als eine Bedingung für den pseudoskopischen Effekt, daß die Abbildskopien vertauscht worden sind.

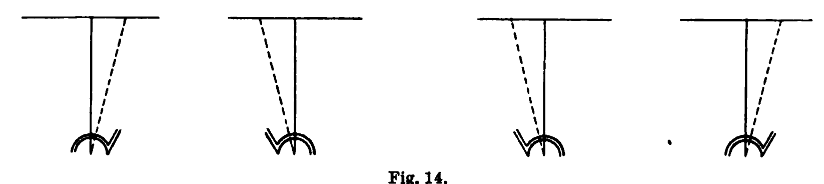


Fig. 14.
Die orthozentrische Stellung der Abbildskopien. Die chiastozentrische Stellung der Abbildskopien.

Eine solche Behandlung führt zwar zu keinem falschen Resultat, aber sie fordert zu viel, wenn sie verlangt, daß Auge und Abbildskopie gleichnamig sein müssen, wenn ein orthoskopischer Eindruck entstehen soll, und daß sich ein pseudomorphes Raumbild ergibt, wenn Augen und Abbildskopien ungleichnamig sind.

Man sieht besser ein, worauf es ankommt, wenn man sich die in einer gewöhnlichen Parallelcamera (mit den Objektiven im Abstande der Drehungszentren des Beobachters) entstandenen Halbbilder in ihre richtige Lage zwischen Objekt und Eintrittspupillen gebracht und die verschiedenen Punkte der Halbbilder je mit dem entsprechenden Projektionszentrum verbunden denkt. Dann erkennt man leicht, daß sich ein jedes von den beiden Projektionszentren ausgehende Paar zusammengehöriger Strahlen in dem entsprechenden Objektpunkt schneidet. Bringt der aufrecht stehende und mit gleichgerichteten Augenachsen blickende Beobachter nun die Drehungszentren seiner Augen in die beiden Projektionszentren, so fallen je seine Blickrichtungen mit den eben gedachten Strahlenpaaren zusammen, und er kann, soweit es sich um die geometrischen Bedingungen handelt, genau den Eindruck des Objektreliefs erhalten. Er werde jetzt für einen Augenblick vor dem unveränderten Stereogramm auf dem Kopfe stehend vorausgesetzt, alsdann tritt in der Richtung zusammengehöriger Strahlen überhaupt keine Änderung ein, weil sich an der Lage der Drehungszentren nichts ge-

ändert hat; also bleibt das orthomorphe Relief erhalten, obwohl nunmehr jedes Auge das ungleichnamige Abbild anschaut. Dasselbe tritt natürlich auch ein, wenn der Beobachter, wie es bequemer ist, aufrecht stehen bleibt, und nur das Stereogramm umgedreht wird. Die gleichen Bemerkungen lassen sich auch zu dem Falle machen, wo gekreuzt angeordnete Halbbilder betrachtet werden und zu einem pseudoskopischen Eindruck führen.

Somit läßt sich das Ergebnis dieser Überlegung, soweit die geometrischen Verhältnisse in Frage kommen, dahin zusammenfassen, daß man sagt, dem mit gleichgerichteten*) Augenachsen blickenden Beobachter vermitteln orthozentrisch angeordnete Halbbilder ein orthomorphes, chiastozentrisch angeordnete ein pseudomorphes Raumbild, ganz gleichgültig wie das Stereogramm gehalten werden mag, denn es kommt nicht auf das Rechts oder Links an, sondern darauf, daß der notwendig orthopischen Augenstellung des Beobachters das eine Mal ein orthozentrisch angeordnetes, das andere Mal ein chiastozentrisch angeordnetes Stereogramm gegenübergestellt wird.

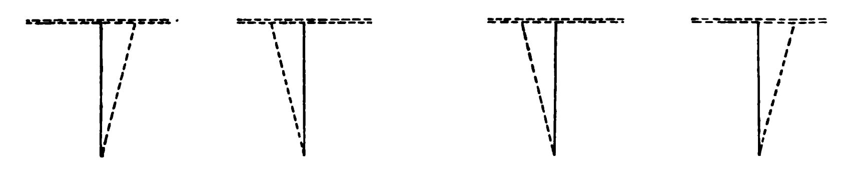


Fig. 15.
Der bildseitige Strahlenverlauf
für ein orthomorphes Raumbild. für ein pseudomorphes Raumbild.

Diese Behandlung der mit freien Augen betrachteten Stereogramme genügt für die meisten Stereoskope; doch kommen bei diesen Instrumenten auch kompliziertere Formen vor, denen wenigstens eine kurze Überlegung gewidmet sei.

Bezeichnet man die durch das Stereoskop von den Halbbildern entworfenen (meistens virtuellen) Abbildungen mit doppelt gestrichelten Linien, so sind im Bildraum nur die beiden Fälle, der der Ortho- und der der Pseudomorphie, möglich, wobei wieder die Richtungen nach einem näheren Objektpunkte durch Strichelung hervorgehoben seien, während die ausgezogenen Graden die Richtung der Systemachsen darstellen mögen (Fig. 15). Vergegenwärtigt man sich nun die durch je ein Einzelsystem vermittelte Abbildung des durch je ein Auge gelegten Horizontalschnittes, oder mit andern Worten stellt man sich den Horizontalschnitt

*) Aus der Schlußbemerkung zur Reliefperspektive (s. S. 13) folgt, daß für die Beobachtung mit gekreuzten Augenachsen die Halbbilder vertauscht werden müssen, wenn die entsprechenden Effekte erreicht werden sollen wie bei der Betrachtung mit gleichgerichteten Augenachsen.

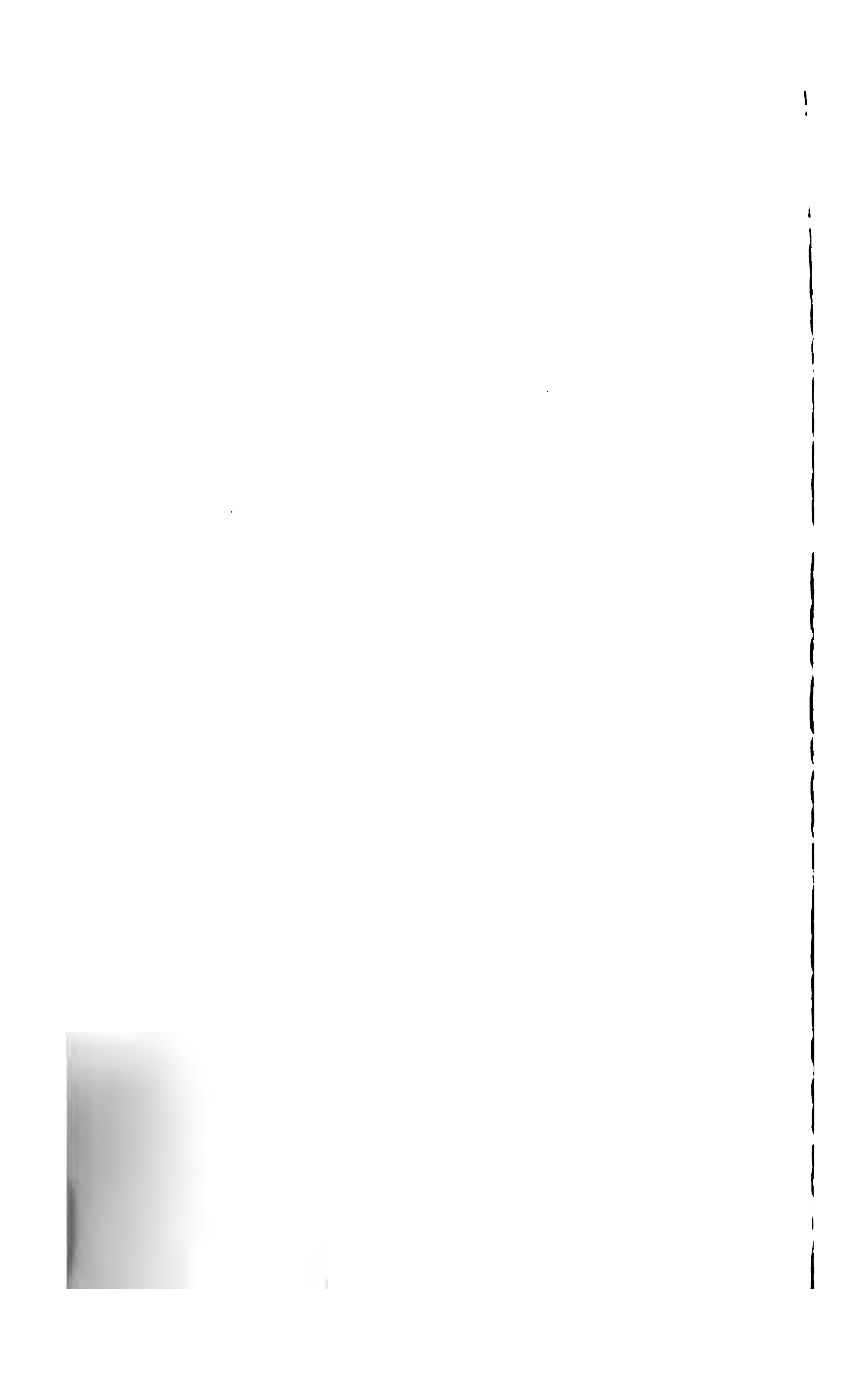
durch ein Objektauge (Fig. 16) vor, so sieht man ein, daß infolge der Stetigkeit der Abbildung die konjugierten gestrichelten Strahlen im ersten, orthomorphen Falle wieder nasenwärts, im zweiten, pseudomorphen Falle wieder schläfenwärts verlaufen müssen; gegeneinander aber können die Objekträume der beiden Stereoskopsysteme noch eine Verlagerung erfahren haben. Hiernach ist folgende Zusammenfassung gerechtfertigt:



Fig. 16.
Der objektseitige Strahlenverlauf an einem Auge für ein orthomorphes Raumbild. pseudomorphes Raumbild.

Beliebig zusammengesetzte Stereoskope liefern von einem Stereogramm ein orthomorphes Raumbild, wenn die Stellung der Objektaugen und der Projektionszentren gleichnamig ist, und ein pseudomorphes, wenn diese Stellungen ungleichnamig sind.

II. Historischer Teil.



1. Die Zeit vor CH. WHEATSTONE und die moderne Entwicklung der holländischen Doppelfernrohre.

Die Zeit vor CH. WHEATSTONE.

Als im Anfange des 17. Jahrhunderts der holländische Brillenschleifer JOHANN LIPPERHEY*) auf Verlangen seiner um ein Patent auf ein Einzelfernrohr angegangenen Regierung ein Doppelfernrohr konstruierte, da war gleichsam zufällig ein Instrument hergestellt worden, das unter die Zahl der stereoskopischen zu rechnen ist. Denn in der Tat muß man das Doppelfernrohr in diese Klasse einreihen, weil bei ihm von nicht unendlich fernen Objekten jedem der beiden Augen ein von dem andern verschiedenes Bild dargeboten wird.

Die durch die Bemühungen von J. H. VAN SWINDEN aufgefundenen Akten über J. LIPPERHEYS Patentbewerbung wurden 1831 von G. MOLL bekannt gemacht und finden sich bei H. SERVUS (*1. 117—119.*) abgedruckt. Es läßt sich aber daraus durchaus nicht schließen, daß der beauftragenden Behörde oder dem ausführenden Künstler die Besonderheit eines beidäugigen Instruments gegenwärtig gewesen wäre. Wie J. LIPPERHEY der Schwierigkeit Herr wurde, zwei alte holländische Fernrohre mit ihrem kleinen wahren Gesichtsfelde so miteinander zu verbinden, daß man überhaupt mit beiden Augen beobachten konnte, ist aus diesen Berichten nicht zu erkennen. Mindestens weiteren Kreisen ist es damals gar nicht zum Bewußtsein gekommen, daß es sich hier um etwas Besonderes handele, denn älteren Schriftstellern dieses Gebietes, etwa den optisch tätigen Mönchen des 17. Jahrhunderts galt J. LIPPERHEY, dem die Erfindung des holländischen Fernrohrs doch manchmal zuerkannt wurde, durchaus nicht als der erste Verfertiger auch des Doppelinstruments; daraus darf man aber wohl schließen, daß die Fabrikation von Fernrohren in Holland damals im wesentlichen auf die Einzelrohre beschränkt blieb.

Auch J. LIPPERHEYS französischer Zeitgenosse D. CHOREZ, ein Brillenmacher und Verfertiger von Meßinstrumenten, der, wie aus den polemischen Äußerungen von CHÉRUBIN D'ORLÉANS**) (*3. 193.*) hervorgeht, um das

*) Nicht selten auch LIPPERSHEY geschrieben.

**) Man findet nicht selten in Antiquariatskatalogen als Laiennamen dieses Mönches F. LASSERÉ angegeben. Nach einer freundlichen Mitteilung des Herrn W. JUNK geht das auf BRUNETS *Manuel 3. 864* zurück.

Jahr 1625 ein holländisches Doppelfernrohr zum Verkauf angezeigt hat ist zunächst fast ganz unbeachtet geblieben. Doch weiß man aus jenen Prioritätsstreitigkeiten, daß seine Konstruktion aus zwei kurzen holländischen Fernrohren von $5^1/_2$ bis 8 cm Länge bestand, die parallel zueinander und so montiert waren, daß eine Veränderung des Achsenabstandes durch die Parallelverschiebung eines Rohres vorgenommen werden konnte. Nach den Angaben des Verfertigers soll man mit den parallelen Rohren entfernte Gegenstände bis zu einer Entfernung von 100 Schritten heran beidäugig haben beobachten können. Für nähere Objekte hätten die Rohre einzeln gerichtet werden müssen.

Erst ziemlich spät ist man auf D. CHOREZ wieder aufmerksam geworden. So gab G. GOVI (*1.*) 1880 aus dem in der Pariser Nationalbibliothek aufbewahrten Flugblatt einen Auszug, der mit den mitgeteilten Angaben gut übereinstimmt, und J. ROUYER (*1. 79.*) veröffentlichte 1901 auch eine Reproduktion der Zeichnung.

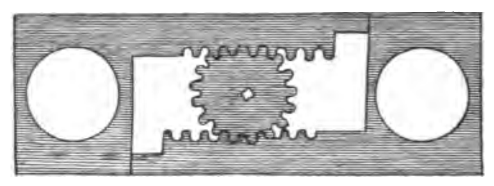


Fig. 17.
A. M. SCHYRLS Mechanismus zur Abstandsänderung der Objektive.
Zeichnung nach CHÉRUBIN D'ORLÉANS (*2. 48.*).

Der Name des nächsten Optikers, der sich mit einer solchen Konstruktion beschäftigte, war nach J. ZAHN (*1. 3. Teil 19.*) ANTONIUS MARIA SCHYRLAEUS DE RHEITA, ein Mönch A. M. SCHYRL aus dem Kloster Rheidt, der namentlich durch seine Verdienste um die Konstruktion der terrestrischen Fernrohre bekannt geworden ist. Ihm wurde von seinen Zeitgenossen ziemlich allgemein die Priorität der Herstellung von Doppelfernrohren zuerkannt, eine Einmütigkeit, die möglicherweise mit darauf zurückzuführen ist, daß die optischen Schriftsteller des 17. Jahrhunderts zu einem guten Teil Mönche waren wie er. Er hat für solche Doppelgläser nicht nur den holländischen Typus, sondern auch die von ihm so erfolgreich verbesserten terrestrischen Tuben verwendet. Er schlug, da auch ihm das kleine Gesichtsfeld seiner Fernrohre hinderlich war, vor, die beiden Objektivgläser für nahe Objekte zu nähern, für weitere zu entfernen, während die Okulare im Pupillenabstande des Beobachters stehen blieben. Diesen Pupillenabstand sollte man selbst vor einem Spiegel mit einem Zirkel abgreifen. Für die Verschiebung der Objektive gab er schon eine hübsche mechanische Vorrichtung an (Fig. 17), und für das Okularende findet sich in seiner Beschreibung ein sehr wirksamer Schirm, der sich der Kopfform möglichst genau anschloß. Diese Einrichtung



wird im Verlauf der Entwicklung noch mehrfach vorgeschlagen werden. Die von ihm gewählte Einstellung auf verschieden entfernte Objekte war aber in optischer Hinsicht nicht vollkommen, da die für nähere Entfernungen eintretende Benutzung der Objektive in schiefem Strahlengang die Bildgüte mehr oder minder herabgesetzt haben wird. Seine Absicht war, die von dem anvisierten Objektpunkte divergent ausgehenden Strahlen beiden Augen zuzuführen.

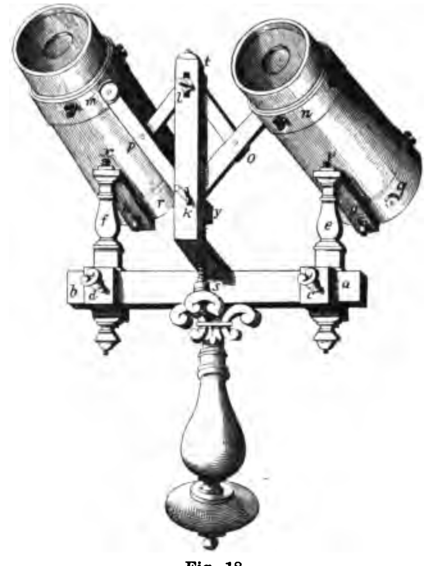


Fig. 18.
Holländisches Doppelfernrohr nach CHÉRUBIN D'ORLÉANS (*2. 102.*).
Auf dieser Zeichnung sind dem Beschauer die Objektivenden zugekehrt. Bei der Benutzung wurden die Rohrträger durch Parallelverschiebung auf den Augenabstand des Beobachters eingestellt. Bei der dann folgenden Einstellung auf die Objektentfernung wurden die mittleren Arme des Storchschnabels betätigt und dadurch die Einzelrohre um vertikale Achsen unter den Okularenden gedreht.

Eine wesentliche Verbesserung des Doppelfernrohrs führte der erwähnte CHÉRUBIN D'ORLÉANS (*1.*) schon 1671 durch, indem er die beiden Fernrohre symmetrisch zueinander beweglich machte. Wie sich aus der Figur 18 ergibt, ließ sich sowohl ihr Objektivabstand nach der Objektentfernung als auch ihr Okularabstand nach der Augenweite und der Konvergenz des Beobachters bestimmen. Er brauchte (*2. 108.*) zur zuverlässigen Feststellung des für das anvisierte Objekt geltenden Pupillenabstandes eine Art Schielbrille mit veränderlichem Lochabstand (Fig. 19), aber es ist anzunehmen, daß auch zu jener Zeit die Mehrzahl der Benutzer die Mühe einer so exakten Methode gescheut haben werden.

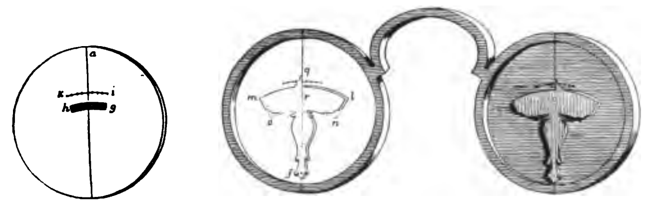
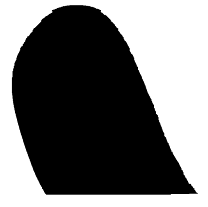


Fig. 19.
Die Bestimmung des Augenabstandes nach CHÉRUBIN D'ORLÉANS (*2. 108.*).
Die Metallscheiben der Schielbrille (links) trugen je eine Skala ki und ein längliches Loch hg. Auf der Außenseite wurden zwei (bei r durchlochte) Schieber fq betätigt, die so lange symmetrisch verschoben wurden, bis durch die Kreislöcher bei r derselbe ferne Gegenstand wahrgenommen wurde und gleichzeitig die beiden Lochränder in einen Kreis verschmolzen. Die Stellung des Index q an der Skala ki erlaubte dann die Ermittlung des Augenabstandes.

Er selbst hat jedenfalls ziemlich große Anforderungen an die Genauigkeit der Justierung gestellt, und so hat er auch gelegentlich (*3. 195—197.*) auf die Schädlichkeit eines Höhenfehlers aufmerksam gemacht, wie er sich einstellt, wenn die Fernrohrachsen nicht in derselben Ebene liegen. Er hat Doppelfernrohre holländischer und terrestrischer Art gebaut und auch ihre Anwendung bei astronomischen Beobachtungen vertreten, allerdings in der Zeit der chromatischen Refraktoren ohne großen Erfolg. Auf seine Erfindungsgabe geht schließlich auch das erste binokulare Mikroskop zurück (*2. 77—98.*), bei dem indessen nicht für die Aufrichtung des Bildes gesorgt worden war, so daß der Benutzer einen pseudomorphen Effekt erhalten haben muß, weil seine Objektaugen eine chiastopische Stellung hatten.

Aber nicht bloß im Doppelfernrohr und im binokularen Mikroskop lagen Instrumente vor, bei denen ein Angehöriger des 17. Jahrhunderts einen deutlich körperlichen Eindruck haben mußte, ein solcher ergab sich auch bei der Verwendung des Hohlspiegels bei beidäugiger Beobachtung der von ihm entworfenen Bilder. Setzt man nämlich einen Hohlspiegel von beträchtlicher Öffnung voraus, wie sie in jener Zeit in der Regel benutzt wurden, so erhält ein jedes Auge von den verschiedenen Punkten des vom Hohlspiegel entworfenen Bildes ein besonderes Büschel, und der Beobachter kann daher den Ort dieses Bildpunktes sehr genau namentlieh auch gegen den Rand des Hohlspiegels bestimmen. Von dieser Möglichkeit einer sehr exakten Lokalisation sprach der Jesuit A. Kircher (*1. 898.*) schon 1646 als von etwas ganz Selbstverständlichem, und er erklärte den Ausdruck *Spiegelfechten* dadurch, daß er die Koinzidenz einer Klinge mit ihrem, vom Hohlspiegel entworfenen reellen Bilde heranzog. Er gab an jener Stelle einige Augentäuschungen an, die auf der Sicherheit der Lokalisation reeller Spiegelbilder beruhten; das dabei verwandte System war ein zylindrischer Hohlspiegel. Später hat er, wie aus J. M. Conradis (*1. 52.*) Mitteilungen hervorgeht, auch sphärische Spiegel zu einem solchen Versuch benutzt. „Hierbey will ich mit einrucken „eine schöne *praxin P. Athan. Kircheri,* derselbe hatte vor einen hohlen „Spiegel/ so ein *ſegmentum* einer grossen Kugel war/ ein von Wachs „schön gemachtes Bild des Kindes JEsu/ an ein Haar verkehrt mit den „Füssen aufgehenckt/ doch so dass der in den Spiegel schauende solches „nicht gewahr wurde/ vor den Spiegel, wo sich das Bildlein aufrecht „in der Luft *praeſent*irete/ setzte er eine gegen das Bild *proportionirte* „*Marmor*-Seule/ wo man nun an einen gewissen Ort stand/ so sahe man „das Kind JEsus auf der Seule aufrecht stehen/ allein wo man es be- „rühren wolte/ so griffe man nach der Luft/ welches die Verwunderung „denn so wohl bey den Kunst-verständigen als sonderlich bey den Un- „wissenden vermehret.“

Diese und ähnliche Anordnungen A. Kirchers wurden bald auch



von seinem Ordensbruder Z. TRABER (*1. 125.*) aufgenommen. Dieser ersann eine einfache Drehvorrichtung, um nach und nach kleine spannenhohe Statuen aus der Heiligen- oder Profangeschichte so vor den Spiegel zu bringen, daß ein geeignet aufgestellter Zuschauer sie ziemlich stark vergrößert plastisch wahrnehmen konnte. Es mag bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen werden, daß man, anscheinend ohne theoretische Überlegung, um dieselbe Zeit und namentlich gegen den Ausgang des 17. Jahrhunderts die körperlichen Objekte vor dem Spiegel durch perspektivische Zeichnungen ersetzte und so von den stereoskopischen Darstellungen zunächst zu den zweiäugigen und dann logischerweise zu den einäugigen Spiegelguckkästen für perspektivische Darstellungen kam. Sie sollten später von den Linsenguckkästen verdrängt werden, deren erstes Auftreten nach M. VON ROHR (*5. 299.*) ungefähr für dieselbe Zeit beglaubigt ist.

Kehrt man nun zu den Spiegelungen körperlicher Objekte zurück, so scheint deswegen, weil das Bild an der Stelle entstand, wo es die Lehre von der Katoptrik forderte, die auf den (unbewußten) Gebrauch beider Augen zurückzuführende Sicherheit der Ortsbestimmung damals kein weiteres Staunen erregt zu haben.

Ein wenig eingehender beschäftigte man sich zu etwas späterer Zeit mit solchen Problemen, als die Frage behandelt wurde, ob man beim deutlichen Sehen beide Augen oder nur ein einzelnes verwende. Der erwähnte CHÉRUBIN D'ORLÉANS war ein überzeugter Verfechter der ersten Ansicht, und er hat seine Meinung auch vor der Hofgesellschaft Ludwigs des Vierzehnten, wo diese Frage einiges kavaliermäßiges Interesse erregte, immer eifrig vertreten. Er bildete (*2. 6—18.*) sich schon Ansichten über die korrespondierenden Netzhautstellen *(parties homonymes)* und studierte die Bewegungen der Augäpfel beim Fixieren verschieden entfernter Gegenstände, worauf ihn auch wohl die Anlage seiner Doppelfernrohre hingewiesen hat. Der Vorteil der größeren Helligkeit bei der beidäugigen Beobachtung war ihm bekannt und wurde von ihm sehr geschätzt, aber die einzige wirklich stereoskopische Beobachtung, die auf ihn (*2. 121.*) zurückgeht, ist anscheinend die gewesen, daß man in einem richtig gestellten Doppelfernrohre nur eine einzige Gesichtsfeldbegrenzung sähe, und diese auch größer auffasse als bei einäugiger Beobachtung. Eine Erklärung dieser Erscheinung (*2. 125—126.*) zu geben war er nicht ohne Erfolg bemüht. Er benutzte übrigens die Vereinigung der beiden Gesichtsfeldbegrenzungen zu einem einzigen Eindrucke, um mit seiner Lochbrille den Pupillenstand festzustellen, denn er hatte gemerkt, daß die Vorschrift A. M. SCHYRLS wegen der unwillkürlich eintretenden Betrachtung des Zirkels im direkten Sehen auch von einem Assistenten kaum ausführbar war. — Die Pseudomorphie der von seinem binokularen Mikroskop gelieferten Bilder ist ihm aber entgangen.

In den nächsten Jahren scheint der Stand der Kenntnis vom zweiäugigen Sehen nicht sonderlich vermehrt worden zu sein. Der Prämonstratenser JOHANNES ZAHN, der Repräsentant der deutschen Klostergelehrsamkeit jener Zeit, brachte auf diesem Gebiete nichts Neues vor. Wie er zu seinen sehr zahlreichen Verbindungsmöglichkeiten zweier Fernrohre zu einem Doppelinstrument gelangt ist, gab er nicht an, doch läßt sich aus der bloßen Aufführung immerhin erkennen, daß solche Doppelrohre in weiteren Kreisen als nützliche Instrumente angesehen wurden. — Er mag sie seinem französischen Vorgänger direkt oder indirekt entlehnt haben, doch hat er dessen Schriften keinesfalls einfach ausgeschrieben, wie er z. B. auch in der Bestimmung des Augenabstandes anders vorging. Er (*1. 2. Teil 224.*) bestimmte diese Größe dadurch, daß er die Entfernung a des Fixationspunktes aufsuchte, von dem aus die Entfernung die Pupillenmitten genau unter einem Grade erschienen und a sodann durch 57 dividierte. Für seinen eigenen Augenabstand kam er dabei auf einen Betrag von 0,22 römischen Fuß oder, unter Benutzung der VEGAschen Maßzahlen, von etwa 66 mm.

Das Problem der beidäugigen Betrachtung erfuhr 1735 von J. E. WIEDENBURG nach den Angaben des Anonymus C. L. D. (*1. 44.*) eine Darstellung, die etwa die Ansichten von CHÉRUBIN D'ORLÉANS wiederholte aber sie deutlicher hervorhob. Danach taste man die Gegenstände mit den Sehachsen der beiden Augen wie mit zwei Stäben ab, und man müsse bei näheren Objekten die Augen so drehen, daß ihre optischen Achsen an allen sichtbaren Punkten des Objekts zusammenkämen.

Um diese Zeit begannen sich aber auch auf dem vorliegenden Gebiete die großen Fortschritte bemerkbar zu machen, die namentlich von englischen und holländischen Gelehrten in der Behandlung der optischen Probleme gemacht worden waren. Es entwickelte sich nun eine eigentlich wissenschaftliche Optik, neben der die probierende Amateuroptik noch in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts immer mehr an Kraft verlor.

Der erste Vertreter dieser wissenschaftlichen Richtung, der für das hier behandelte Problem Interesse zeigte, war ROBERT SMITH. Er wußte von CHÉRUBIN D'ORLÉANS, doch ging er in seinen Forschungen an mehreren Punkten wesentlich über ihn hinaus. — In seiner ersten Bearbeitung dieses Themas scheint er bei der Behandlung der Tiefenanschauung Schwierigkeiten gefunden zu haben, denn er hielt (*1. 1. Teil 49—51.*) noch an den unokularen Momenten fest. Später indessen gab er (*1. 2. Teil 41.*) für nahe Gegenstände die Bedeutung*) des Sehens mit beiden Augen zu. Er nahm dabei auf LEONARDO DA VINCI Bezug, der in seiner Abhandlung über die Malerei darauf hingewiesen habe, daß auch ein mit größter Sorgfalt hergestelltes Gemälde nie ein Relief zeigen könne

*) *„in as much as we fee it more detached from other objects beyond it“.*





wie die darauf dargestellten Gegenstände, es sei denn, diese würden einäugig betrachtet. Denn bei beidäugiger Betrachtung sehe man gleichsam um die Gegenstände herum. R. SMITH fand auch, daß durch sukzessives Fixieren der verschiedenen Punkte eines körperlichen Gegenstandes seine Form deutlicher und bestimmter erkannt werde. Aber für weiter entfernte Gegenstände bleibe es bei den auch für das einäugige Sehen wichtigen Momenten. — Auch den Versuch, verschiedenartige Marken stereoskopisch zu vereinigen, hat er angestellt, und zwar benutzte er *(1. 2. Teil 388.)* zunächst die Spitzen eines Zirkels, den er in Armeslänge vor die beiden auf ein entferntes Objekt f gerichteten Augen hielt. Wählte er den Abstand der Spitzen richtig, so vereinigten sich ihm die beiden inneren Schenkel der Doppelbilder des Zirkels zu einem einzigen, und es ergab sich für ihn der Eindruck eines mittleren Zirkelarms, dessen Spitze bis zu dem entfernten Objekt reichte (Fig. 20). Als Erklärung führte er den Umstand an, daß die Zirkelspitzen auf denselben Netzhautstellen abgebildet würden wie das fixierte Objekt selbst. Er stellte später auch Versuche derart an *(1. 2. Teil 86.)*, daß er die Zirkelschenkel mit gekreuzten Augenachsen betrachtete. Bei diesem Versuche konnte er dann sehr deutlich die Orts- und Größenänderung des stereoskopischen Schenkelbildes feststellen, die mit der Änderung der Zirkelöffnung verbunden ist. Diese Versuche wiederholte er mit andern gleichartigen Gegenständen wie kreisförmigen Korkplättchen, Kerzen u. ä., deren Vereinigung mit parallelen oder gekreuzten Blickrichtungen gleichfalls gelang. — Die Doppelfernrohre und den Hohlspiegel, bei dem schon seinen Vorgängern die (auf den Gebrauch beider Augen zurückzuführende) Sicherheit der Lokalisation aufgefallen war, behandelte auch er sehr eingehend, namentlich *(1. 2. Teil 83—86.)* was den Hohlspiegel anging. Er kam auf diese Weise zu einer ihn befriedigenden Erklärung der mit beiden Augen sicher zu konstatierenden Krümmung von Spiegelbildern ebener Objekte, deren Sinn unter Umständen dem bei einäugiger Betrachtung festgestellten entgegengesetzt gefunden wurde. Was das Doppelfernrohr angeht, so hat er *(1. 2. Teil 388.)* die CHÉRUBINsche Beobachtung wiederholt und ebenfalls darauf hingewiesen, daß die Gesichtsfeldbegrenzung für beide Augen zu einem einzigen Eindruck verschmelze, und daß sie so größer erscheine als für

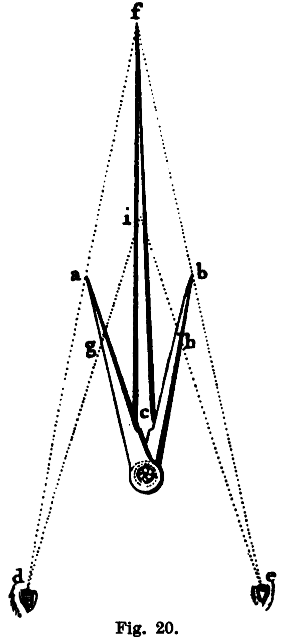


Fig. 20.
Das Zirkelexperiment nach R. SMITH.

jedes Auge gesondert. Er erhielt (*1. 2. Teil 107.*) den gleichen Effekt beim Betrachten einer Brille, die abgenommen und in einer Handbreite Abstand vor die auf ein entferntes Objekt gerichteten Augen gehalten wurde; das gemeinsame Bild erschien ihm auch hier größer und in weiterer Entfernung. — Schließlich machte er auch noch einen sehr wichtigen Schritt auf dem Wege zur Entdeckung des Stereoskops, indem er die erste stereoskopische Zeichnung entwarf. Von dem obenerwähnten Experiment mit den beiden Kerzen ausgehend, die er mit gekreuzten Augenachsen betrachtet hatte, zog er die Projektionen der Hauptsehlinien auf Papier nach (Fig. 21). Es waren das zwei gekreuzte Geraden *db ea*, die von je einem der im Pupillenabstande des Beobachters angenommenen Punkte *d e* ausgingen, und deren Schnittpunkt *f* in einer Entfernung von 0,3—0,6 *m* gelegen war. Er fand, daß die Teile *fa fb* sich zu einem senkrecht auf der Papierebene stehenden Objekt vereinigten, wenn man eine neben f eingesteckte Nadel fixierte. Die Augendrehungspunkte müssen dabei senkrecht über den Verlängerungen der Geraden *bd ae* liegen. Die hauptsächlichsten Belegstellen für diese Angaben sind von M. von Rohr (*3.*) zusammengestellt worden.

a b f d e

Fig. 21.
Die erste stereoskopische Zeichnung. Nach der Beschreibung von R. Smith neu entworfen.

Ähnliche stereoskopische Experimente wie die mit dem Zirkel teilte J. Jurin in dem großen Smithischen Werke (*1. 2. Teil 110.*) mit. Auch hier handelte es sich um zwei getrennte physische Objekte (Randteile von Seiten eines geöffneten Buches), die bei der Fixierung eines entfernten Punktes (an der Zimmerdecke) für jedes Einzelauge in seiner unmittelbaren Nähe erschienen. Weitere Folgerungen wurden aber auch hier nicht gezogen.

Das Doppelfernrohr wurde von R. Smith (*1. 2. Teil 387.*) eigentlich nur der Vollständigkeit wegen in sein Werk aufgenommen; er selbst hat wohl der schlechten Bildqualität wegen nicht viel davon gehalten, obwohl er erwähnte, daß es von dem Londoner Optiker . . Scarlet noch regelmäßig hergestellt würde. Seine Form ging wohl auf Chérubin d'Orléans zurück und gestattete eine Anpassung an Augenabstand und Objektenfernung. Zur Verbesserung der optischen Leistung schlug er vor, zwei Gregorysche Spiegelteleskope in einer ähnlichen Montierung zu verwenden.

Die nächste größere Schrift, in der ein englischer Autor auf diese Gegenstände Bezug nimmt, ist die von J. Harris (*1.*). Wenn sein Buch auch erst 1775 gedruckt wurde, so stammt es doch aus einer früheren Zeit, da es 1742 begonnen und in den Mußestunden des Verfassers

fortgesetzt wurde, der 1764 starb. — Er kannte das große Smithsche Werk gut, war aber in seiner Behandlung der hier interessierenden Punkte sehr selbständig. Namentlich in seiner Darstellung des beidäugigen Sehens sind Fortschritte seinem Vorgänger gegenüber zu erkennen. Für kleinere Entfernungen bot ihm die Konvergenz ein Mittel zur Bestimmung der absoluten Entfernungen. Er stellte seine Befähigung zu einer solchen Messung (*1. 155.*) durch ein hübsches Experiment fest, indem er die Versuchsobjekte hinter einem Schirm aufstellte, der mit einem wagerechten Schlitz versehen war. Auf diese Weise wurden tatsächlich die Momente der Tiefenvorstellung in weitem Maße ausgeschlossen, um so mehr, als er absichtlich seine Versuchsobjekte von sehr verschiedener Dicke wählte. Er kam dabei ebenso wie bei der Lokalisierung der von Hohlspiegeln entworfenen Bilder zu kleinen Abständen von etwa $1^1/_3$—$1^3/_4$ m, wo die Bestimmung sicher war, und etwa von $2^3/_4$—$3^2/_3$ m, wo sie unsicher wurde. An einer andern Stelle bemerkte er aber (*1. 171.*), daß Entfernungsdifferenzen — wie sie zwischen zwei Stuhlbeinen oder gar als Tiefenerstreckung eines Gebäudes bestehen — nach Maßgabe ihrer Größe auf weitere und weitere Entfernungen sichtbar seien. — Die Möglichkeit eines einheitlichen Eindruckes, wenn auf beide Augen gesonderte Objekte wirkten, gab er (*1. 113.*) zu, wie es sich aus einem ganz merkwürdigen Abschnitte*) ergibt. Aber er kam nicht darauf, sich mit den doch schon von R. Smith in einem Falle ausgeführten stereoskopischen Zeichnungen weiter zu beschäftigen. — In den Versuchen über die Lokalisation der von Hohlspiegeln entworfenen reellen Bilder ging er über R. Smith nicht hinaus, oder höchstens da (*1. 203.*), wo er erwähnte, daß das von einem Hohlspiegel genügender Breite entworfene Bild zu Doppelbildern Anlaß gäbe, wenn man beide Augen nicht auf seinen Ort richte. Dieselbe Möglichkeit habe er (*1. 229.*) auch für das von einer großen Linse entworfene Bild gefunden. Daß er keine Angaben über Doppelfernrohre machte, liegt wohl nur daran, daß er bloß den theoretischen Teil seines Buches geschrieben hat und zu den praktischen Anwendungen nicht mehr kam.

Noch einige Jahre vor der Drucklegung der Harrisischen Schrift beschäftigte sich der größte der damals in Deutschland lebenden Physiker, J. H. Lambert (*1.*), mit einem stereoskopischen Experiment. Seine 1771 französisch abgefaßte Niederschrift scheint verloren gegangen zu sein, dagegen ist eine Übersetzung ins Deutsche erhalten, und sie wurde 28 Jahre später, lange nach des Autors Tode, veröffentlicht. Ihm waren

*) „Two ſimilar objects, not far aſunder, if they happen to be one in each „optic axis, may alſo appear as one object; and that for a like cauſe, that one „object may appear double. But this phaenomenon ſeldom happens; and when it „does, the miſtake is ſoon found, as in the caſe of an object ſeen double; and the „eyes preſently adapt themſelves, to the proper diſtance of the two objects.“

die Versuche bekannt, die I. BARROW und R. SMITH über die Lokalisation der von Hohlspiegeln entworfenen Bilder angestellt hatten, und er nahm ähnliches an einer Linse als bildentwerfendem System vor. Auf diese Weise behandelte er ein Thema, das bereits von J. HARRIS gestreift worden war, kam aber in seinen Ergebnissen über seinen Vorgänger hinaus. Diese mögen in der von ihm selbst gewählten Form der Darstellung folgen; wenn darin auch nicht ausdrücklich vom beidäugigen Sehen die Rede ist, so wird man einmal nach der ganzen Natur des Versuchs darauf schließen, sodann aber hob J. H. LAMBERT (*1. 67.*) in der darauffolgenden Diskussion unter den beim Sehen von Distanzen im Auge eintretenden Veränderungen auch die hervor, die beim beidäugigen Sehen auftritt: „Diese Veränderungen betreffen den Winkel, welchen „die Achsen der Augen miteinander bilden, und der eine Art von „Parallaxe macht.“ Jener Bericht lautet: „Dies zu bewirken, nahm ich „eine Linse, die 1 Zoll Brennweite hatte, und ein ebensogroße Breite „oder Apertur. Ich näherte dieselbe bis auf $1^1/_2$ Zoll gegen eine Feder, „die ich in der andern Hand hielt, und so, daß die Spitze gegen die „Linse gekehrt war. Auf diese Weise war das Bild dieser Spitze in „einem Abstande von 3 Zoll hinter der Linse. Um nun dasselbe klar „zu sehen, mußte mein Auge in einem Abstande von 8 Zoll hinter dem „Bilde, und mithin 12 (!) Zoll von der Linse entfernt seyn. Nach dieser „Vorbereitung sahe ich das Bild der Feder sehr deutlich zwischen dem „Glase und dem Auge, wie in der Luft schwebend; selbst die Hand, „mit welcher ich die Feder hielt, schien mir diesseits des Glases zu „seyn.“ Mit einem weißlichen, dünnen, spitzigen Holze als Objekt gehe es noch besser; gut sei es, wenn man die Experimente vor einem dunkeln Hintergrunde anstelle, sich vor Reflexen hüte und kurze Brennweiten nähme, damit man keine zu große Entfernung zwischen Linsenbild und Linsenrand habe und nicht immer den Akkommodationszustand ändern müsse.

Ein Jahr darauf, 1772, stellte der Ophthalmologe J. JANIN DE COMBE BLANCHE (P.) seine Versuche über binokulare Farbenmischung an. Er benutzte zu diesem Zwecke, wie L. A. VON ARNIM (*1.*) berichtete, Brillen mit verschieden, beispielsweise blau und gelb, gefärbten Gläsern, und er erhielt bei der Betrachtung eines Gegenstandes durch eine solche Brille mit beiden Augen dieselbe Mischfarbe, die sich ergab, wenn der gleiche Gegenstand einäugig durch beide Gläser betrachtet wurde. Seine Resultate sind in der Folgezeit mehrfach bestätigt worden.

In der Verfolgung eines ähnlichen Zieles konstruierte CH. N. A. DE HALDAT (*1.*) 1806 seinen Mischapparat für Pigmentfarben; dieser ist schon als ein linsenloses Stereoskop für schwach geneigte Blickrichtungen anzusehen, nur wurden den Augen keine Zeichnungen, sondern je ein verschieden gefärbtes Täfelchen dargeboten. Mit diesem Instrument wies

er nach, daß die Mischfarbe zum Bewußtsein kommen könne, wenn auf jedes der beiden Augen eine verschiedene Farbe wirke. Er beschrieb sehr deutlich, wie die endgültige Vereinigung der beiden gleichgroßen Farbenplättchen geradezu ruckartig vonstatten ginge.

Im deutschen Sprachgebiete hatte man die im Vorhergehenden erwähnten Versuche und Lehrmeinungen namentlich der englischen Optiker mit Interesse verfolgt; ja, sie fanden sich zum Teil sogar in den gelehrten Nachschlagewerken, die nach der Weise der Nation gründlich aber auch schwerfällig abgefaßt waren, gleichsam einbalsamiert vor, doch scheint es nicht, als habe man etwas Rechtes damit anzufangen verstanden. Nur in einem Falle findet sich eine anscheinend ganz selbständige Beobachtung der Bilder eines Hohlspiegels.

AUGUST WILHELM ZACHARIA, der Mathematiklehrer der Roßlebener Klosterschule, hatte sich mit der Lage der reellen Bilder vor dem Hohlspiegel beschäftigt, die auch bei einäugiger Beobachtung gut bestimmt werden konnte, wenn Objekt und Spiegelbild rasche Bewegungen ausführten. Durch einen sachverständigen Rezensenten seines kleinen Berichts wurde er auf die Bedeutung aufmerksam gemacht, die die beidäugige Beobachtung für die sichere Fixierung des Bildabstandes vom Spiegel habe, und er (*1.*) entwickelte dann in einem neuen Aufsatze diese Anregung sehr folgerichtig. Er wies darauf hin, daß dann, wenn das Bild so klein entworfen werde, daß von seinen Punkten die Strahlen in beide Augen gelangen, vermittels der Parallaxe eine genaue Feststellung auch des ruhenden Bildes möglich sei, während bei einäugiger Betrachtung die Neigung bestehe, es in die Spiegelfläche selbst zu verlegen. A. W. ZACHARIA hat eine ganz gute Übung in der Beobachtung von Doppelbildern besessen: so erwähnte er, daß er bei Fixierung des Spiegelrandes die beiden Doppelbilder in die Spiegelfläche hineinverlege, während sie sofort zu einem vor dem Spiegel liegenden Bilde verschmölzen, wenn er seine Aufmerksamkeit auf dieses von dem Spiegel entworfene Bild des Objekts richte. In der Berücksichtigung des Strahlen ganges stand er geradezu bemerkenswert hoch.

Es schien angezeigt, bei diesem Falle länger zu verweilen, einmal weil er später von H. W. DOVE (*6. 165.*) und von H. HELMHOLTZ (*2. 625.*) gelegentlich behandelt wurde, und dann weil auch daraus wieder hervorgeht, wieviel noch dazu gehörte, die Beschränkung auf den vorliegenden Fall des Spiegels fallen zu lassen und an seine Stelle zwei physische Bilder für die beiden Augen zu setzen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist das hier aufgeführte Material zu jener Zeit nicht so vollständig zusammengetragen gewesen, aber selbst dann ist es mehr aufgefaßt worden als eine Reihe unvermittelt nebeneinander stehender optischer Kuriositäten.

Die Entwicklung der holländischen Doppelfernrohre.

Es liegt die unabweisbare Aufgabe vor, auf die Entwicklung des verbreitetsten aller binokularen Instrumente einzugehen, auf die des doppelten Opernglases. Der Bericht darüber muß hier seine Stelle finden, weil die Erfindung und Ausbildung dieses Instruments von der WHEATSTONEschen Erkenntnis des Wesens des beidäugigen Sehens allem Anscheine nach ganz unabhängig ist: die Operngucker werden vor jenen grundlegenden Untersuchungen bekannt, und wenn auch ihre Einführung zum größeren und wichtigeren Teile in die Jahre nach 1838 fällt, so bleibt es für lange Zeit bei diesem rein zeitlichen Zusammenhang.

Es ist nicht ohne Interesse, die grundsätzliche Verschiedenheit der Bestrebungen zu verfolgen, durch die die beiden alten Instrumente, das Fernrohr und das Mikroskop, dem beidäugigen Gebrauche angepaßt wurden. Denn die Entwicklung der marktgängigen Typen der Doppelfernrohre — wo allerdings infolge der im 19. Jahrhundert stets festgehaltenen Parallelität der Achsen die Verhältnisse auch einfacher lagen — wurde von allgemeinen stereoskopischen Überlegungen nicht eher beeinflußt, als bis in ganz später Zeit die Prismendoppelfernrohre dem großen Publikum dargeboten wurden. Im Gegensatz dazu stand die Entwicklung des binokularen Mikroskops von Anfang an unter dem Zeichen der angewandten stereoskopischen Erkenntnis, und von der erfolgreichen Weiterbildung dieses Instruments ist der Optiker von vornherein ausgeschlossen gewesen, der weiter nichts war als ein geschickter Handwerker.

Auch die bloße Kenntnis der Doppelfernrohre scheint mehr und mehr verloren gegangen zu sein, je weiter man sich von der Mitte des 18. Jahrhunderts entfernt. Später mag die französische Revolution auf diese schwachen Triebe am Baume der Kultur verhängnisvoll eingewirkt haben. Auch die umfassende Ausgabe des GEHLERschen Wörterbuches im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts enthält anscheinend Angaben darüber ebensowenig wie etwa gleichzeitige Darstellungen aus dem englischen Sprachgebiete.

Doppelfernrohre traten zuerst wieder auf in einem dem Wiener Optiker FR. VOIGTLÄNDER (*1.*) 1823 erteilten österreichischen Privilegium. Er*) setzte zwei holländische Fernrohre (Perspektive, wie sie damals genannt wurden) mit einfachen oder achromatischen Objektiven so zusammen, daß ihre parallelen Achsen die Mitten beider Augen trafen. Er ließ übrigens für die beiden Augen eine gesonderte Einstellung zu. Schon anderthalb Jahre später erhielten die Wiener Optiker und Mechaniker

*) Die genaueren Angaben sind mir durch die freundlichen Bemühungen des Herrn Hofrats J. M. EDER in Wien zugänglich geworden.

B. WIEDHOLD (*1.*) und A. SCHWAIGER ein Privilegium auf eine solche Verbindung der beiden Rohre, daß sie dem Augenabstande des Beobachters angepaßt werden konnten.

Hält man an den unachromatischen Objektiven fest, so gehen diese Vorschläge nicht über die CHOREZischen Ideen von 1625 hinaus. Für holländische Fernrohre mit achromatischen Objektiven aber ist diese zweifellos unabhängige Nacherfindung von großer Wichtigkeit gewesen, wenn dabei Objektive mit großem Öffnungsverhältnis angewendet worden sind. Das ist wahrscheinlich, denn man wird solche Instrumente für die einäugige Beobachtung sicherlich verhältnismäßig früh angewandt haben, weil sie ein größeres Gesichtsfeld boten. Leider ist aber der Entwicklung des holländischen Fernrohrs im 18. und 19. Jahrhundert außerordentlich wenig Beachtung geschenkt worden. So ist noch nicht einmal genau bekannt, wann die Achromatisierung des Objektivs bei diesen Fernrohrtypen zuerst vorgenommen wurde.*)

In dem Ursprungslande scheint die Neuerung keinerlei Aufsehen gemacht zu haben; mindestens in der hier benutzten Literatur findet man keine gleichzeitige Beziehung auf das VOIGTLÄNDERsche Doppelfernrohr. Dagegen ist es wohl diese Anregung gewesen, die in Frankreich eine so bereitwillige Aufnahme fand.

Gegen Ende April 1825, etwa sechs Wochen nach dem obenerwähnten Gesuch von B. WIEDHOLD und A. SCHWAIGER bewarb sich der Pariser Optiker J. PH. LEMIÈRE (*1.*) um ein Patent,**) und zwar suchte er, wie es sehr bezeichnender Weise heißt, um Schutz für die Einfuhr und Verbesserung von Doppelfernrohren nach. Wenn in seiner Beschreibung nun auch der Name des ausländischen Erfinders nicht genannt worden ist, so wird man hinter diesem Unbekannten doch wohl FR. VOIGTLÄNDER suchen müssen, da ein anderer Bewerber um die Priorität vorläufig nicht

---

*) Durch die liebenswürdige Auskunft des Herrn ALFRED NACHET bin ich davon unterrichtet worden, daß schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts holländische Einzelrohre mit achromatischen Objektiven verkauft wurden. Namentlich die DOLLONDsche Firma hat zuerst solche Instrumente herausgebracht, die wahre mechanische Kunstwerke waren. Und in den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts erreichte die Fabrikation derartiger Theatergläser in Paris einen sehr hohen Stand: die Pracht ihrer äußeren Ausstattung und die Vollendung der häufig zahlreichen Auszüge erregen in gleicher Weise die Bewunderung der heutigen Zeit.

**) Der obenerwähnte J. ROUYER (*1. 79.*) verlegt die Wiedererfindung des Doppelfernrohrs in das Jahr 1816 und schreibt sie BEAUTAIN und LEMIÈRE zu. Bei diesen Angaben scheinen aber mehrere Mißverständnisse untergelaufen zu sein. In dem Inhaltsverzeichnis zu den ersten vierzig Bänden der französischen Patentsammlung findet sich nämlich nur der Name BAUTAIN, und zwar für ein am 15. Mai 1824 nachgesuchtes Fernrohrpatent, worin es sich um eine einfache Einstellvorrichtung handelt. Bei der ausführlichen Wiedergabe erscheint als Erfinder sogar CH. T. BAUTIN. Für J. PH. LEMIÈRE gibt aber die Sammlung nur das eine Patent vom 28. April 1825 an, das hier besprochen wird.

bekannt ist. Wenn man also nach seiner eigenen Angabe J. PH. LEMIÈRE nicht als einen Erfinder ansehen kann, so muß man doch seinem technischen Geschick volle Anerkennung zollen, denn in der Tat ging aus seinen Händen das holländische Opernglas so ziemlich in der Form hervor, die es noch heute bewahrt hat. Auf ihn geht die gemeinsame Scharfstellung der beiden Fernrohre zurück; wenn er den Antriebsmechanismus auch zunächst in das eine der beiden Rohre gelegt hatte, so sah er doch bereits in der ersten Patentschrift die Möglichkeit vor, ihn in der Mitte zwischen beiden Rohren gesondert anzubringen. Auch die beiden vornehmsten Anpassungsmöglichkeiten für den Augenabstand, mit Hilfe des mittleren Gelenks und durch Parallelverschiebung der beiden Rohre finden sich schon bei ihm und sogleich in einer schönen und zweckmäßigen Ausgestaltung.

Es ist das bis auf kleine Einzelheiten derselbe Entwicklungsgang, der sich bei der Ausgestaltung des BREWSTERschen Prismenstereoskops wiederholen sollte; bereits hier bedurfte es des mechanischen Geschicks eines französischen Fachmannes, damit eine wichtige Idee des Auslandes eine zweckmäßige Verkörperung erhalte. Diese beiden Väter des holländischen Doppelfernrohrs, FR. VOIGTLÄNDER und J. PH. LEMIÈRE, hätten wohl verdient, wegen ihrer Leistung als Urheber des optischen Instruments von weitester Verbreitung besser bekannt zu sein, als sie es heute sind.

In den ersten Jahrzehnten nach diesen Ereignissen hört man von den doppelten Operngläsern sehr wenig; es sind eigentlich nur einige französische Patentschriften aus den dreißiger Jahren, wonach man schließen kann, daß jene Idee nicht wieder in Vergessenheit geraten war. Die für den vorliegenden Zweck nicht besonders wichtigen Verbesserungen bezogen sich auf die Verminderung von Gewicht und Umfang. Es sind in der Tat ernsthafte Bestrebungen verfolgt worden, die Metallteile der beiden Rohrkörper bis auf leichte Rahmen zusammenschwinden und die Abhaltung des Seitenlichts durch Zeugbalgen besorgen zu lassen. Da diese Instrumente im Anfang einen Handgriff an ihrer linken Seite aufwiesen, so war eine solche, dem heutigen Beurteiler unerträglich scheinende Minderung der starren Teile damals immerhin möglich. Ja sogar eine Ausgestaltung der Haltereinrichtung zu einem brillenartigen Gestell ist versucht worden. Die Verkleinerung des Umfanges bei zusammengeschobenen Rohren suchte man ganz in der Art, wie man im Anfang des 19. Jahrhunderts das holländische Einzelrohr behandelt hatte, durch mehrere Auszüge zu erreichen, und die zweckmäßigste Ausgestaltung des Ausziehmechanismus in solchen Fällen hat die französischen Optiker im Anfang des fünften Jahrzehnts vielfach beschäftigt.

In verschiedenen Zeitromanen des großen Novellisten W. M. THACKERAY ist darauf hingewiesen worden, daß die Doppelgläser in England erst

um den Anfang der vierziger Jahre in Aufnahme kamen, doch wird sich Genaueres über die Art ihrer Einführung nur ermitteln lassen, wenn eingehendere Äußerungen Unbeteiligter oder objektiver gehaltene Berichte als die Patentschriften aufgefunden werden könnten, ein Erfolg, der dieser Arbeit versagt geblieben ist. Immerhin läßt sich selbst aus den Patentschriften entnehmen, daß noch für längere Zeit, vielleicht die ersten zwanzig Jahre, das Doppelfernrohr als eine Art Spielerei, ein unedles Erzeugnis der Optik, verrufen war, was möglicherweise damit im Zusammenhang stand, daß sich die bekannteren Pariser Optikerfirmen entweder gar nicht oder doch erst sehr spät mit diesem Instrument befaßten. Um die Mitte der vierziger Jahre war aber jedenfalls die Würdigung dieser Instrumente so allgemein, daß FR. VOIGTLÄNDER (*2.*), dem allerdings die Pflege dieses Kindes seiner Werkstätte besonders am Herzen liegen mochte, den durch J. PETZVAL verbesserten Fernrohrtypus wohl auch in Einzel-, besonders aber in Doppelgläsern auf den Markt brachte. Die Doppelinstrumente wurden zu sehr annehmbaren Preisen angeboten: sie kosteten mit dreifacher Vergrößerung 50 fl. (etwa 100 M.), mit vierfacher 70 fl. (etwa 140 M.), wenn sie mit gemeinsamer Einstellung geliefert wurden. Mußte jedes Okular für sich eingestellt werden, so ermäßigten sich die Preise um 5 fl. (etwa 10 M.).

Nach dieser Zeit finden sich einige Verbesserungsvorschläge, die hier anzuführen sind, da sie sich enger an das zu behandelnde Thema anschließen. J. J. CHOQUET (*1.*) hatte um 1841 den Einfall, seinen Doppelrohren einen Okularrevolver mit zwei Okularen beizugeben (eine bei Einzelrohren längst bekannte Einrichtung) und somit hier zuerst einen Wechsel der Vergrößerung zu ermöglichen. — Ferner ging . . LAFLEUR (*1.*) um 1854 von der üblichen, allein möglichen Scharfstellung beider Okulare ab und führte für eines oder sogar für beide eine Sonderbewegung ein. — Schließlich handelte es sich bei . . HARDWEILER (*1.*) um eine Steigerung der gewöhnlich die 4fache nicht überschreitenden Vergrößerung auf eine 10- bis 15fache, und zu diesem Zwecke verwandte er als Objektiv jedes Einzelrohrs ein Teleobjektiv.

Einen Abschluß dieser Entwicklung bildete in gewisser Weise P. G. BARDOUS (*1.*) Doppelfernrohr aus zwei terrestrischen Tuben, womit man die stärkeren Vergrößerungen jedenfalls besser verwirklichen konnte als mit der Dialytkonstruktion seines Vorgängers. Der geschickte Konstrukteur hat selbstverständlich seinem Instrument die LEMIÈREschen Einrichtungen für die gleichzeitige Scharfstellung und für die Anpassung an den Augenabstand verliehen, die damals schon zum allgemeinen Besitztum der Techniker geworden waren.

Faßt man das Vorhergehende zusammen, so kann man sagen, daß stereoskopische Beobachtungen im 17. und 18. Jahrhundert durchaus nicht unbekannt waren, wie ja auch der Ursprung der ersten stereo-

skopischen Instrumente, der Doppelfernrohre und der binokularen Mikroskope, unzweifelhaft auf diese Periode zurückgeht. — Namentlich die allerdings sehr überraschenden Erscheinungen dieser Art, wie sie sich an reellen, von Hohlspiegeln entworfenen Bildern zeigen, waren mehrfach und mit großer Gründlichkeit untersucht worden. Auch die natürliche Tiefenwahrnehmung durch das binokulare Sehen war sorgfältig studiert worden und hatte schon früh zur Aufstellung einer Lehre geführt, die der später unter dem Namen E. Brückes bekannten nahesteht. Über die Wahrnehmung von absoluten Entfernungen und Tiefenunterschieden finden sich bemerkenswerte Versuche und Ansichten. Ja, R. Smith war sogar zur Anfertigung einer stereoskopischen Zeichnung gekommen, und J. Harris hatte ein allgemeines Theorem aufgestellt, das dem Leitsatze einer stereoskopischen Theorie schon nicht mehr gar zu fern stand. Aber noch fehlte die klare Erkenntnis, daß eine Tiefenwahrnehmung nur dann zustande komme, wenn jedem Auge eine besondere Perspektive dargeboten werde, die von der des andern verschieden sei. Diese Forderung war tatsächlich, aber wohl nur zufällig, in der Smithischen Zeichnung verwirklicht, und ihre Formulierung ist dem verdienten Forscher nicht gelungen.

Was die stereoskopischen Instrumente angeht, so handelte es sich von jeher für weitere Kreise nur um die Doppelfernrohre, und es konnte im Vorhergehenden gezeigt werden, daß diese Instrumente noch etwa um die Mitte des 18. Jahrhunderts regelmäßig angefertigt wurden und ihren Platz in den optischen Handbüchern hatten. Dann verschwanden sie so gut wie ganz, und es ist wohl anzunehmen, daß die wesentliche Verbesserung, die das Fernrohr in den Händen J. Dollonds durch die Achromatisierung des Objektivs erfuhr, und die der Schwierigkeit der Glasbeschaffung wegen wenigstens vorläufig auf die Einzelrohre beschränkt blieb, der Grund für die Mißachtung war, der die alten chromatischen Doppelrohre verfielen. Achromatische Doppelfernrohre des holländischen Typus aber traten erst um 1823 und auch da zunächst nur sehr vereinzelt auf, bis sich allmählich in den vierziger und fünfziger Jahren ein guter Markt für diese Instrumente eröffnete. Ihre Ausbildung wurde dann im wesentlichen von Pariser Künstlern stetig und auch zweckmäßig durchgeführt, ohne daß jedoch von dem Zuwachs der theoretischen Kenntnis des beidäugigen Sehens ein entsprechender Vorteil gezogen worden wäre.

2. Das Spiegelstereoskop CH. WHEATSTONEs und die Zeit bis zur Erfindung des BREWSTERschen Prismenstereoskops.

Wohl im Anfange der dreißiger Jahre fiel es dem englischen Physiker Ch. Wheatstone (*1. 379.*) auf, daß bei beidäugiger Betrachtung der strahlige Reflex einer Kerzenflamme an einer auf der Drehbank polierten Scheibe als eine gerade Linie diese Scheibe zu durchdringen schien. Ihm bot sich die richtige Erklärung in der Verschiedenheit der den beiden Augen dargebotenen Bilder dar, und er tat den Schritt, der seinen Vorgängern nicht gelungen war. Er sah von der zufälligen Erscheinungsform der Spiegelbilder ab und fand, daß die Erscheinung auch dann eintritt, wenn zwei verschiedene physische Bilder eines Gegenstandes den beiden Augen einzeln dargeboten werden. Ändere man nun bei Festhaltung dieser Bilder durch künstliche Mittel die Konvergenz der beiden Blickrichtungen, so ergäbe sich ein Relief, das je nach der Konvergenz größer oder kleiner aufgefaßt werde. Diese erste Nachricht über seine Versuche, die Ch. Wheatstone, der damals gerade mit der Ausarbeitung des elektrischen Zeigertelegraphen beschäftigt war, zur Wahrung seiner Priorität an die Öffentlichkeit brachte, findet sich 1833 in der dritten Auflage der Mayoschen Physiologie, aber sie hat allem Anscheine nach selbst auf Männer der Wissenschaft keinen Eindruck gemacht.

Erst fünf Jahre darauf hatte er Muße genug, seine Forschungsergebnisse ausführlich zu veröffentlichen, und das geschah in dem ersten der beiden aus seiner Feder stammenden hauptsächlichen Aufsätze (*1.*). Bei der großen Bedeutung, die seine Arbeit für den vorliegenden Zweck hat, und bei der eigentümlichen, weitverbreiteten Unkenntnis ihres Inhalts muß eine etwas eingehendere Darstellung des Wichtigsten an dieser Stelle Platz finden, und zwar mag dabei die Absonderung der 16 Abschnitte des Originals kenntlich gemacht werden.

Werde ein Objekt beidäugig aus der Nähe betrachtet, so ergäben sich verschiedene Bilder für die beiden Augen, wie man bei einem einfachen Versuch leicht feststellen könne. Wenn das nicht schon viel früher bemerkt worden sei, so sei der Grund darin zu suchen, daß man allgemein von der Richtigkeit der Annahme korrespondierender Netzhautstellen überzeugt gewesen wäre und identische Projektionen desselben Gegenstandes auf beide Netzhäute vorausgesetzt habe. Einzig L. da Vinci sei auf dem Wege zu der richtigen Erkenntnis gewesen, wenn er darauf hingewiesen habe, daß auch richtig entworfene Gemälde, beidäugig betrachtet, nie eine vollkommene Täuschung herbeiführen könnten. — Biete man nun je ein ebenes Projektionsbild jedem der beiden Augen

dar, so erhalte man den Eindruck eines körperlichen Gegenstandes. Als einfache Hilfsmittel kämen die in Fig. 22 und 23 vorgeschlagenen Einrichtungen in Betracht, die so getroffen worden seien, daß sie das störende Nebenbild für jedes einzelne Auge ausschlössen. Im ersten Falle seien die Augen auf einen Punkt gerichtet, der weiter entfernt sei als die Ebenen der beiden Zeichnungen, im zweiten Fall aber liege der Kon-

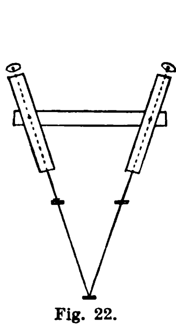


Fig. 22.

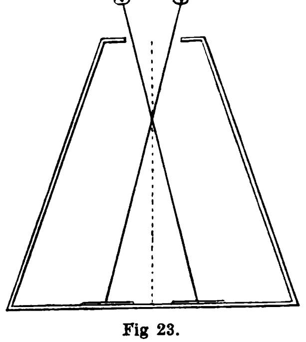


Fig 23.

CH. WHEATSTONES (*l. Taf. X*) einfache Stereoskope ohne optische Teile für gleichgerichtete / gekreuzte Blickrichtungen.

vergenzpunkt näher als die Zeichnungen. — Vollkommener aber als diese Hilfsmittel sei das als *Stereoskop* eingeführte Instrument (Fig. 24). Dabei würden den Augen dargeboten die von zwei ebenen, gegeneinander unter 90 Grad geneigten Spiegeln entworfenen Bilder von Zeichnungen, die mit den Ebenen der zugehörigen Spiegel einen Winkel von 45 Grad bildeten. Beim Einschieben von Zeichnungen in die Rillen habe man darauf zu achten, daß sich die Horizonte beider Bilder in gleicher Höhe befänden. Eine Schraube mit Rechts- und Linksgewinde erlaube die Entfernung der beiden Bildebenen von den Spiegeln übereinstimmend zu verändern. — Einige Umrißzeichnungen einfacher Körper wären als Muster beigegeben. — Vertausche man die beiden Bilder im Stereoskop, so ergebe sich eine Veränderung der Entfernungen: man erhalte die konvertierte *(converse)* Figur. Dabei müsse aber hervorgehoben werden, daß diese Auffassung nur gelinge, wenn sie der Erfahrung nicht durchaus widerspreche. — Der durch das Stereoskop vermittelte Eindruck unterscheide sich nicht von dem, den ein physischer Körper hervorrufe. Zum Beweise dafür würden zwei Würfelskelette im Stereoskop benutzt. Stelle man sie so, daß die Projektionen ihrer Umrisse unter Berücksichtigung der entsprechenden Spiegelung den Halbbildern eines Würfels oder seiner konvertierten Figur entsprächen, so sehe man auch jetzt im Stereoskop den Würfel oder die konvertierte Figur. Würden sie aber so gestellt, daß ihre Projektionen für beide Augen gleich würden, so ergebe die

Vereinigung kein Relief, sondern eine ebene Figur. — Bei einem symmetrischen Objekt, dessen Symmetrieebene die Medianebene des Be-

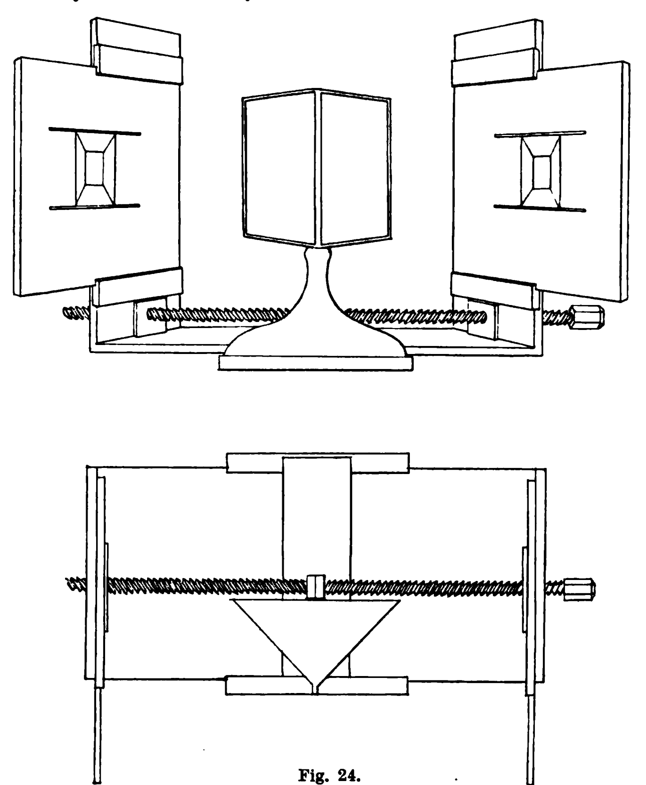


Fig. 24.
CH. WHEATSTONES (*1. Taf. X*) Spiegelstereoskop. Vorderansicht und Grundriß.

obachters sei, wären auch die beiden Projektionen symmetrisch. Das gestatte die Konstruktion eines vereinfachten Spiegelstereoskops, dessen Grundriß in Fig. 25 wiedergegeben sei. A sei darin die Spur der Bildplatte, M, M′ zwei ebene Spiegel, B, B die Spiegelbilder von A und D, D′ seien Schirme, die das Zustandekommen der störenden Doppelbilder verhinderten. Die Bildplatte könne in diesem Falle symmetrischer Zeichnungen aus Papier ausgeschnitten oder überhaupt aus Draht hergestellt werden. Rotiere die Bildplatte in ihrer Ebene um 180 Grad, so veranlasse sie einen Eindruck von dem konvertierten Körper. —

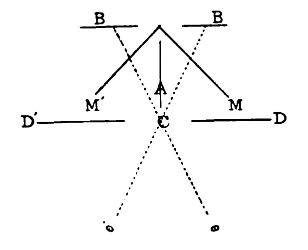


Fig. 25.
CH. WHEATSTONES (*1. Taf. X*) vereinfachtes Spiegelstereoskop.

Eine stereoskopische Beobachtung werde auch durch die Reflexe an einer auf der Drehbank polierten Scheibe ermöglicht, und ferner finde sich

bei R. SMITH eine stereoskopische Beobachtung mit Hilfe eines Zirkels (s. S. 29). — Wenn nun hinsichtlich der Gesichtswahrnehmung ein wesentlicher Unterschied zwischen dem einäugigen und dem beidäugigen Sehen bestehe, wie könne dann ein Einäugiger eine richtige Tiefenanschauung erhalten? Das geschehe unter der Mitbenutzung von Kopfbewegungen. Aber auch perspektivische Zeichnungen könnten eine sehr weitgehende Täuschung herbeiführen, zumal wenn die störenden Nachbarobjekte durch geeignete Schirme abgeblendet würden. Besonders groß werde die Illusion, wenn die Zeichenebene eine ungewohnte Lage habe, denn dann stelle man sich das Objekt selbst leichter vor als seine Projektion. — Handele es sich um Zeichnungen von Skeletten geometrischer Körper, so könne hier leicht namentlich bei einäugiger Betrachtung die Konversion auftreten; diese und ähnliche Probleme seien schon häufiger behandelt worden, und zwar sei zunächst auf die NECKERsche Arbeit verwiesen. — Auch die GMELINschen und BREWSTERschen Beobachtungen gehörten dazu. Ganz besonders merkwürdige Folgen habe die Konversion eines Würfelskeletts, wenn damit Drehungen und Bewegungen vorgenommen würden. Diese seien dann mit der Wahrnehmung einer ständigen Formveränderung des Skeletts verbunden. — Wenn bei den unähnlichen Halbbildern doch die Gegenstände einzeln, ohne Doppelbilder, erschienen, obgleich sie im Auge nicht auf korrespondierende Netzhautstellen fallen, so könne umgekehrt gezeigt werden, daß ähnliche Bilder auf korrespondierenden Netzhautstellen getrennt wahrgenommen werden könnten. (Die Einzelheiten dieses Beweises sind hier, dem Charakter der vorliegenden Darstellung entsprechend, weggelassen worden.) Das gäbe einen Beweis gegen die Notwendigkeit einer Verbindung zwischen den korrespondierenden Netzhautstellen. — Zwei gleiche Bilder nicht zu verschiedener Größe könnten miteinander zu einem einheitlichen Eindrucke verschmolzen werden. Das so entstehende Bild erscheine in einer scheinbaren Größe, die zwischen den Werten der beiden Teilbilder liege. Entsprechendes sei der Fall beim natürlichen Sehen, wenn das Objekt seitlich liege. — Biete man im Stereoskop den beiden Augen Bilder von ganz verschiedener Form dar, so werde bald das eine, bald das andere wahrgenommen. Dasselbe gelte von verschieden gefärbten, ähnlichen Zeichnungen. Anzunehmen, wie das neben andern REID täte, daß in diesem Falle die Mischfarbe wahrgenommen würde, sei irrig. — Großes Interesse habe von jeher die Frage erregt, in welcher Richtung ein beidäugig gesehenes Objekt erscheine. Die Richtung beim einäugigen Sehen könne man nach Sir DAVID BREWSTERS Gesetz *(law of visible direction)* identisch annehmen mit der Richtung der Verbindungslinie des betreffenden Netzhautpunktes mit dem Augenzentrum. Die Frage nach der Richtung des beidäugigen Sehens sei von AGUILONIUS, WELLS, REID und Neueren studiert worden, wobei besonders die MÜLLERschen Studien über den aus der Lehre von

den korrespondierenden Netzhautstellen folgenden Horopterkreis für englische Leser von Interesse wären. Doch könne diese Lehre nicht angenommen werden, da danach Objektpunkte, die nicht auf dem Horopterkreise liegen, nicht einfach erscheinen könnten, was nach den mitgeteilten (hier weggelassenen) Versuchen doch offenbar der Fall sei. — Handele es sich nun um eine positive Erklärung der Erscheinungen im Stereoskop, so werde sie noch aufgeschoben, und es werde nur eine Kritik der einfachsten Erklärungsversuche gegeben. Sehen mit bewegten Augen, wobei nach und nach alle Teile der Oberfläche fixiert werden, könne es nicht sein, weil man im Stereoskop auch mit ruhenden Augen körperlich sehe und außerdem die Nachbilder von perspektivischen Zeichnungen einfacher Körpermodelle stereoskopisch vereinigen könne. Umgekehrt aber könne man auch nicht sagen, daß körperliche Objekte, die mit unbewegten Augen betrachtet würden, nicht doppelt erschienen, denn das widerlege ein einfaches Experiment. Es scheine eine gewisse Erfahrung dazu zu gehören, um Objektpunkte einfach zu sehen, die auf nicht korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet würden.

Die Aufnahme des an Ideen überreichen Vortrags war glänzend; Sir DAVID BREWSTER war damals von der Neuheit der Versuche und der Originalität des Gedankens hingerissen und verkündete das Lob seines englischen Kollegen mit Begeisterung. Und dieses Lob war in der Tat verdient. Man merkt es dem Vortrage an, daß sein Gegenstand den Autor Jahre hindurch beschäftigt hatte. In der Angabe von exakten Experimenten bewährte CH. WHEATSTONE seine Meisterschaft, und er hat schon zu dieser Zeit neben den eigentlichen stereoskopischen (oder wie sie später genannt wurden, *orthoskopischen)* fast unbewußt auch die *pseudoskopischen* Eindrücke veröffentlicht. Die Erklärung dieser Erscheinungen ist auf S. 18 gegeben worden. Außerdem aber machte er damals schon auf den später von anderen behandelten Fall aufmerksam, daß zwei je einem Auge geeignet vorgeführte Körper auch eine ebene Zeichnung vortäuschen könnten. In der historischen Behandlung der eigentlichen Stereoskopie war er nicht besonders glücklich, doch hat er wenigstens auf einen seiner Vorgänger hingewiesen. Sein unvergängliches Verdienst aber bleibt es, zum ersten Male die Notwendigkeit betont zu haben, den beiden Augen verschiedene Zeichnungen vorzuführen.

Die Konversion von Skeletten stereometrischer Figuren beim einäugigen Sehen gehört nicht zu dem in dieser Schrift behandelten Gegenstande; es ist aber vielleicht am Platze, auf die erfolgreiche Bearbeitung hinzuweisen, die dieses Problem in neuester Zeit von L. BURMESTER (*1.*) erfahren hat.

Der erste Widerspruch gegen CH. WHEATSTONES Erklärungsversuche kam einige Jahre später, 1841, aus Deutschland. Hier begann eben die neue Schule der Naturforscher ihren erfolgreichen Kampf gegen die

Naturphilosophen, und es war einer der Rufer im Streit, E. Brücke, der (*1.*) sich der Lehre von den korrespondierenden Netzhautstellen annahm. Er hob im Gegensatz zu Ch. Wheatstone die außerordentliche Wichtigkeit der Augenbewegungen hervor, erklärte die große Bedeutung eines steten Wechsels der Konvergenz, also gleichsam eines Abtastens der Oberfläche mit dem fixierten Punkt. Wenn er in der Abweisung der Wheatstoneschen Ansicht einer stereoskopischen Wahrnehmung mit ruhigem Blicke zu weit ging, so wies ihn H. W. Dove (*1.*) mit einer unmittelbar darauf publizierten Notiz auf die Möglichkeit hin, auch bei momentaner Beleuchtung Relief wahrzunehmen. Zu gleicher Zeit begann er, sich mit der Farbenmischung im Stereoskop zu beschäftigen, deren Möglichkeit von Ch. Wheatstone bestritten worden war. Allerdings erwähnte auch er nicht die Namen seiner Vorgänger J. Janin und A. de Haldat. Er stellte seine Versuche in Analogie zu den Tartinischen Tönen, die durch die Kombination verschiedener Einzeltöne in den beiden Ohren entstehen. Doch waren seine Ergebnisse zu dieser Zeit noch nicht sehr weit gediehen.

Die Brückesche Notiz löste aber noch eine andere, und zwar durchaus zustimmende Publikation aus. C. Th. Tourtual (*1.*) hatte seine Schrift schon längere Zeit vorbereitet, er beendete sie nun schnell und brachte sie gegen Ende des November 1841 zum Druck. Er formulierte die Bedingungen näher, unter denen das Sehen mit veränderlicher Konvergenz vonstatten gehe. Zu diesem Zwecke führte er eine Ebene („Horopter“ebene) ein, die im Zielpunkte der Sehachse des Einzelauges auf ihr senkrecht stände. Entwerfe man nun von irgend einem Objekt aus dem Augendrehpunkte eine Projektion auf diese Ebene, so habe man die Form des Bildes, das auf der Netzhaut entstehe. Zur Hervorrufung eines deutlichen Reliefs genüge es daher auch, wenn die beiden Projektionsfiguren auf den entsprechenden „Horopter“ebenen der beiden Augen verschieden seien; die sie verursachenden Zeichnungen könnten auch identisch sein. Zum Beweise änderte er das Wheatstonesche Stereoskop etwas ab, so daß man den identischen Zeichnungen (etwa zwei Kreisen) eine symmetrische Drehung um eine vertikale Achse erteilen konnte. Das habe zur Folge, daß ein Oval je nach der Drehung vor oder hinter der Hauptbildebene des Stereoskops zu schweben scheine. Sehr anziehend sind auch seine Versuche mit den Drahtmodellen, doch scheint es nicht, als sei er in dieser Hinsicht über das von Ch. Wheatstone vorgebrachte hinausgekommen. Die ganze Art seiner Polemik gegen diesen bedeutenden Physiker ist musterhaft sachlich.

Es mag hier bemerkt werden, daß diese „Horopter“ebene in einer sehr vollkommenen und der damaligen Zeit weit vorauseilenden Weise die beim direkten Sehen vorliegenden Verhältnisse berücksichtigte; sie ist identisch mit der viel später von M. von Rohr im Ausbau der

Abbeschen Theorie eingeführten Einstellungsebene für das direkte Sehen. Ferner sei darauf hingewiesen, daß hier wohl zum ersten Male das später so ungemein häufig in Angriff genommene Problem erledigt wurde, bei der Benutzung von zwei Kopien einer und derselben Zeichnung doch ein Relief zu sehen.

Fast genau ein Jahr später erschien eine dritte Arbeit, die sich gegen den Wheatstoneschen Erklärungsversuch richtete und die Wichtigkeit der wechselnden Konvergenz betonte. Es war das die Inauguraldissertation des jungen Genfer Gelehrten A. P. Prévost (*1.*); ihr Verfasser erkannte in offener Weise das Mißgeschick an, von den beiden, eben behandelten Autoren um die Priorität der Erklärung gebracht worden zu sein.

Eine der ersten Anwendungen auf stereoskopische Phänomene ohne besondere Instrumente gab 1842 der Züricher Universitätslehrer H. Meyer (*1.*). Er hatte „schon vor langen Jahren" die Bemerkung gemacht, daß Maschenlöcher von $2-2^1/_2$ cm Weite ihm plötzlich fern und groß erschienen, ohne daß er dafür einen Grund hätte angeben können. Im Laufe des Jahres 1840 kam er dann auf die richtige Erklärung, nach der sich die Doppelbilder der Figuren decken. Bei jenen Versuchen habe er einen hinter der Ebene der Maschen liegenden Punkt fixiert; richte er seine Augen auf einen näher gelegenen Punkt, so erschienen ihm die Figuren einer regelmäßigen Tapete näher und kleiner. In seiner Begründung schloß er sich an A. Hueck (*1.*) an, der bereits 1840 den Einfluß des Muskelgefühls auf die Schätzung der Entfernung der Gesichtsobjekte betont hatte.

Inzwischen war der Erfinder des Instruments nicht müßig geblieben, sondern er (*3.* 7.) hatte sich bemüht, die damals gerade veröffentlichte Kunst der Photographie*) für die Zwecke seines Instruments heranzuziehen. Ohne die durch die photographischen Verfahren erreichbare Genauigkeit in der Herstellung der Halbbilder würde das Stereoskop nicht über die

*) Die Verwendung der in der Camera entstandenen Bilder geschah damals offenbar ganz naiv, und es scheinen Überlegungen, wie die auf S. 7 mitgeteilten, zu jener Zeit so gut wie nie angestellt worden zu sein. Es ist hier nicht der Ort, näher auf die Entwicklung der Erkenntnis einzugehen, daß die photographische Aufnahme eine Perspektive mit endlich geöffneten Büscheln sei; dieser Gegenstand gehört in die Geschichte des photographischen Objektivs. Doch mag hier die Bemerkung Platz finden, daß solche Überlegungen in früher Zeit wohl allein in England angestellt wurden, wo sich namentlich Sir David Brewster mit diesem Problem beschäftigte. In Deutschland und anscheinend auch in Frankreich übte die elegante Lehre von den Haupt- und Knotenpunkten eine so blendende Wirkung auf die Theoretiker aus, daß man sich auch heute noch zur Erledigung dieser Fragen mit ihrer Anwendung am unrichtigen Orte genügt und die für die Perspektive allein in Betracht kommende Lehre E. Abbes und seiner Schüler kaum beachtet.

Anwendung auf einfache geometrische Figuren hinausgekommen sein. Er fand in dem Miniaturmaler und Photographen H. COLLEN (*1.*) einen eifrigen Helfer, der, in dem photogenischen Verfahren H. TALBOTS erfahren, sich große Mühe mit der Herstellung stereoskopischer Porträts gab; ferner photographierte H. F. TALBOT selbst für ihn. Auch die beiden Inhaber des von L. DAGUERRE in England genommenen Patents, R. BEARD und A. F. J. CLAUDET, wurden in dieser Zeit zur Anfertigung von Stereogrammen herangezogen, und der französische Fachmann H. L. FIZEAU beteiligte sich ebenfalls daran. Man wird gut tun, die COLLENsche Erklärung anzunehmen, wonach diese Versuche mit der stereoskopischen Porträtphotographie damals aufgegeben wurden, weil die Expositionen noch lang waren, und es an passenden Stereoskopcameras gänzlich mangelte. Die Priorität dieser interessanten Versuche wurde durch einen Vortrag L. A. J. QUETELETS (*1.*) vor der Brüsseler Akademie für CH. WHEATSTONE gewahrt. Der dort erwähnte Name COLLINS ist offenbar eine Verstümmelung des soeben angeführten H. COLLEN.

Hierher gehören auch die Versuche, die der Königsberger Dozent L. MOSER (*1.*) angestellt hatte, um mit Hilfe des DAGUERREschen Verfahrens Halbbilder für das Stereoskop zu erhalten. Sie finden sich in einem Sammelreferat für das DOVEsche Repertorium der Physik und sind nach der Unterschrift im Oktober 1841 beschrieben, wenngleich sie bei den ständigen Publikationsschwierigkeiten dieses Sammelwerks erst im dritten Jahre darauf erschienen. Da in deutschen Quellen nicht selten L. MOSER das Verdienst zugeschrieben worden ist, zuerst photographische Aufnahmen für das Stereoskop herangezogen zu haben, so ist es notwendig, auf diese Frage mit einigen Worten einzugehen. Die Priorität der Publikation kommt ihm sicherlich nicht zu, da durch die Mitteilungen L. A. J. QUETELETS die Veröffentlichung der WHEATSTONEschen Versuche bereits im Anfang des Monats erfolgt war, den L. MOSER für die Abfassung seines Berichts angegeben hatte. Es erscheint aber auch nicht angängig, seine Arbeiten vor die gleichgerichteten Bestrebungen CH. WHEATSTONES zu legen. Aus den bereits zitierten Angaben H. COLLENS und aus CH. WHEATSTONES eigener Notiz geht ohne Zweifel hervor, daß der große englische Physiker sofort nach dem Bekanntwerden der verschiedenen photographischen Verfahren daran ging, sie zur Erzeugung von stereoskopischen Halbbildern zu benutzen, und man braucht wohl kaum einen Nachweis dafür zu führen, daß ihm das bei den unvergleichlich günstigen Bedingungen in London eher gelingen mußte, als einem den photographischen Kreisen fernstehenden, gänzlich vereinzelten Gelehrten in Königsberg. Wenn es daher in dessen Aufsatz heißt: „Als ich „vor einigen Jahren mir dergleichen Bilder anfertigte“, so ist das wohl als eine Einschiebung aus der Zeit der Veröffentlichung anzusehen.

Wenn nun auch L. MOSER diese Priorität, die er selbst auch nicht

beansprucht zu haben scheint, nicht zukommt, so ist doch seine Tätigkeit mit nichten gering anzuschlagen. Eine Beschäftigung mit photographischen Verfahren ist bei den deutschen Theoretikern jener Zeit, mindestens soweit sie sich mit dem Stereoskop befaßten, vollständig unerhört gewesen, und aus diesem Grunde haben auch wohl seine Kollegen seiner Tätigkeit einen so hohen Wert beigemessen.

Sein Verfahren stimmte mit den ein wenig später allgemein gebräuchlichen überein: es wurden Konvergenzaufnahmen mit einem Konvergenzwinkel von etwa 21 Grad angefertigt. Er scheint aber nicht bemerkt zu haben, daß weiter entfernte Gegenstände — er nahm mit solchen Konvergenzen 65—100 m weit entfernte Häuser auf — das Aussehen verkleinerter Modelle zeigen. Trotz der guten, ja überraschend vollkommenen Wirkung seiner Aufnahmen erklärte er sich nicht ohne weiteres für die BRÜCKEsche Theorie der stereoskopischen Wahrnehmung. Er ging vielmehr dazu über, die Akkommodationsanstrengung als ein sehr wichtiges Mittel zur Entfernungsschätzung einzuführen. Die Bestätigung dieser Annahme, die er erhielt, wenn er eine Zeichnung durch eine Einzellinse betrachtete, läßt sich am einfachsten dadurch erklären, daß er die durch eine solche Linse hervorgerufene kissenförmige Verzeichnung als die Folge der Konkavität der Bildfläche auffaßte. Dies war ihm auch der Hauptgrund für die Wirkung der Betrachtungslinsen, die er durch Zylinderlinsen zu ersetzen empfahl, damit jene für die Horizontalen erwünschte Bildkrümmung nicht auch den Vertikalen zuteil werde.

Weitere Kreise zeigten aber noch kein Interesse für das Stereoskop; so gelang es CH. WHEATSTONE damals nicht, die bekannten Londoner Optiker A. ROSS und H. POWELL zur regelmäßigen Führung des Instruments zu veranlassen. Es blieb vorläufig ein Instrument für Wissenschafter, die sich mit dem Studium der Gesichtswahrnehmungen abgaben, doch erwähnte W. B. CARPENTER (*1.*), daß um 1846 ein Händler . . NEWMAN wenigstens Stereoskopbilder geführt habe.

In den wissenschaftlichen Kreisen Englands trat um diese Zeit Sir DAVID BREWSTER (*1.*) hervor, der sich zuerst in den ersten Monaten des Jahres 1843 gegen CH. WHEATSTONES Erklärungsversuche aussprach. Auch er vertrat die Ansicht, daß zu einer stereoskopischen Tiefenwahrnehmung ein Wechsel der Konvergenz notwendig sei, und daß die sichtbare Oberfläche mit dem Kreuzungspunkt der beiden Augenachsen gleichsam abgetastet werde. Die Auffassung korrespondierender Netzhautstellen verwarf aber auch er, und mit ihr die von J. MÜLLER begründete Theorie von den Horopterkreise.

Irgendwelche eingehende Kenntnis des in Deutschland geleisteten ist um diese Zeit Sir DAVID BREWSTER wohl nicht eigen gewesen, wie er überhaupt die deutsche Sprache nicht beherrscht zu haben scheint.

Wenn ihm Ch. Wheatstone (*6.*) dreizehn Jahre danach ausdrücklich den Vorwurf der Nichtbeachtung namentlich der deutschen einschlägigen Literatur machte, so läßt sich annehmen, daß er um diese Zeit erst recht zutreffend gewesen sein würde.

Etwa ein Jahr später behandelte er (*2.*) in einem kleineren Vortrage die Theorie der Tapetenbilder, die er inzwischen gefunden hatte, und bemerkte ähnlich wie H. Meyer, daß diese Erscheinung gelegentlich bereits früher beobachtet worden sei, ohne daß man sie hätte erklären können. Sir David Brewster ging aber insofern über seinen Vorgänger hinaus, als er diese Tapetenbilder zu dem ersten stereoskopischen Meß- oder besser Kontrollverfahren benutzte. Da sich nämlich Unregelmäßigkeiten beim Aufkleben der gemusterten Streifen als Tiefenunterschiede in der virtuellen Fläche bemerkbar machen, so ließ sich darauf ein Verfahren gründen, jene Unregelmäßigkeiten durch die Betrachtung der leicht auffallenden Tiefenunterschiede zu entdecken.

Um diese Zeit, 1844, beschäftigte das Problem der „flatternden Herzen"*) die englischen Physiologen, und Ch. Wheatstone (*2.*) sowohl wie Sir David Brewster (*3.*) äußerten sich darüber. Der Erstgenannte zeigte, daß das Phänomen allgemein bei Mustern aufträte, die in kontrastreichen Farbenpaaren ausgeführt seien — früher hatte man es nur bei solchen in Rot und Grün beobachtet — und er erklärte es mit der Annahme, daß die Netzhaut für verschiedene Farben verschieden lange empfindlich bleibe. Sir David Brewster dagegen schrieb den für Farben mehr empfindlichen Seitenteilen der Retina das Hauptgewicht für diese Erscheinung zu, denn beim Fixieren verschwinde das Zittern der Herzen fast vollständig. Auch einseitige Beleuchtung sei nötig, wenn der Versuch gelingen solle.

Er (*4.*) kam 1848 auf denselben Gegenstand zurück, als er bemerkte, daß die Grenze auf einer politischen Karte, da wo zwei Farben aneinander stoßen, zwei Gebiete von verschiedenem Niveau zu trennen schiene. Dieses Verhalten würde noch deutlicher, wenn man ein solches Objekt beidäugig durch ein einfaches Leseglas betrachte, doch könne man die Beobachtung schließlich auch bei Benutzung nur eines Auges machen. Es mag hier hinzugefügt werden, daß diese bei beidäugigem Sehen wahrgenommene Abstandsverschiedenheit farbiger Flächen auf die Chromasie der Augenlinse zurückzuführen ist. Infolge davon werden farbige Objekte anderen Gebieten der Netzhaut zugeordnet als gleich gelegene weiße und schwarze. Ein einfaches, also chromatisches Leseglas müsse natürlich diese Verlagerung der Netzhautbilder noch steigern.

*) Es ist das eine schlechte, aber allgemein in Deutschland gebräuchliche Übersetzung des englischen Fachausdrucks „*fluttering hearts*". Zitternde oder schwankende Herzen würde sinngemäßer sein.

Derselbe Autor (*10.*) hat dieses Hilfsmittel etwas später auch unter einem besonderen Namen als Farbenstereoskop *(chromatic stereoscope)* eingeführt.

Die hier benutzte Literatur erlaubte nicht, zu bestimmen, durch welchen Anlaß Sir David Brewster auf seine folgenreiche Umgestaltung des Stereoskops gekommen ist; gewiß ist es aber, daß er 1849 mit einer Reihe zusammengehöriger Arbeiten auftrat, die auf eine längere Vorbereitung schließen lassen.

Er hatte bemerkt, daß eine exzentrisch benutzte Linse eine in ihrer Brennebene angebrachte Zeichnung ebenfalls im Unendlichen abbilde; man erhalte auf diese Weise auch noch eine gewisse seitliche Verschiebung des Bildes. Das hatte zur Folge, daß man zwei Halbbilder vereinigen konnte, die einen ziemlich weiten Abstand voneinander hatten und in der beiden Halblinsen gemeinsamen Brennebene angebracht waren. Der Umstand, daß nur Halb- oder Viertellinsen für dieses Stereoskop erforderlich waren, wurde von Sir David Brewster (*8.*) sehr zweckmäßig ausgenutzt, um ein Linsenpaar von durchaus identischer Brennweite herzustellen, indem die Hälften einer auseinander geschnittenen Volllinse dazu verwendet wurden. Er (*6.*) bemerkte übrigens gleich bei der ersten Veröffentlichung — nicht bei seinem ersten Vortrage (*5.*), der erst sehr viel später gedruckt wurde — daß die seitliche Verschiebung verbunden sei mit einer merkwürdigen Formveränderung von Ebenen, die nunmehr als Hohlflächen erschienen; doch scheint dieses Aussehen damals von ihm noch nicht auf die Verzeichnung exzentrisch benutzter Linsen zurückgeführt worden zu sein. Zu gleicher Zeit verwandte er sein neues Stereoskop zu einem Versuche, bei dem von zwei Flächen durchaus gleicher scheinbarer Größe die im Stereoskop näher aufgefaßte auch kleiner erschien. Damit sollte eine Erledigung der alten Frage nach der scheinbaren Größe des am Horizont stehenden Mondes gegeben sein. Außerdem wies er (*7.*) bei derselben Gelegenheit noch darauf hin, daß sein Prinzip der Linsenteilung auch zur Konstruktion einer Aufnahmecamera Verwendung finden könne, bei der dann die beiden Aufnahmeobjektive wirklich genau gleiche Brennweite hätten.

Gleich bei diesen seinen ersten Vorträgen im Jahre 1849 formulierte Sir David Brewster (*6.*) eine sehr wichtige Idee für die mit Hilfe der Camera hergestellten photographischen Aufnahmen. Er machte darauf aufmerksam, daß man alle Bedingungen erhalte, um ein großes Objekt, beispielsweise eine Statue, mathematisch genau n-fach verkleinert zu erblicken, wenn man die Aufnahmeobjektive in einen Abstand voneinander bringe, der n-mal so groß sei, wie der der Augen des Beobachters. Man habe dann auch den Vorteil, das Relief des Objekts deutlicher wahrzunehmen. Wie man aus dem Berichte L. Mosers (s. S. 47) weiß, waren zu jener Zeit große Abstände der Aufnahmeobjektive ge-

bräuchlich, aber, wie gerade dieses Beispiel zeigt, scheint die daraus folgende Modellwirkung nicht immer bemerkt worden zu sein, und nach der hier benutzten Literatur war Sir David Brewster der erste, der auf sie hingewiesen hat. Eine eingehende Behandlung dieser Verhältnisse bei einer Parallelcamera, an der die Objektiventfernung von dem Augenabstande des Beobachters abweicht, und bei den zugehörigen Stereoskopen findet sich bei M. von Rohr (*4.*).

Die Einführung der exzentrisch benutzten Linsen als Betrachtungssysteme für das Stereoskop ist von einer solchen Bedeutung für die Entwicklung dieses Instruments, daß eine eingehendere Behandlung des dabei eintretenden Strahlenganges hier Platz finden muß.

Setzt man eine Linse von etwa 16 cm Brennweite, wie sie um jene Zeit sehr häufig Anwendung fanden, und einem ziemlich großen Durchmesser voraus, und nimmt man weiterhin an, daß diese Linse großer

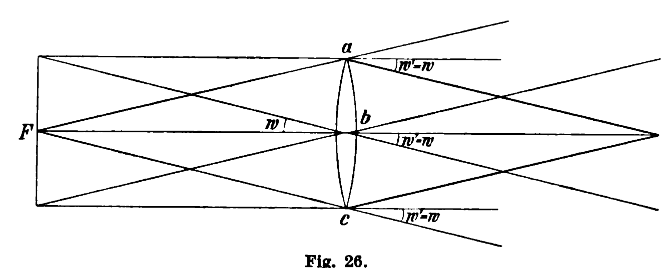


Fig. 26.
Die Unabhängigkeit der scheinbaren Größe des Bildes vom Augenort bei einer idealen Sammellinse.

Öffnung eine in ihre Brennebene bei F gebrachte Zeichnung scharf und verzeichnungsfrei im Unendlichen abbilde (Fig. 26), so wäre das ein für Stereoskopzwecke geradezu ideales Instrument. Wo man auch innerhalb des stärker umzogenen, von a c aus rechts gelegenen Raumes den Augendrehungspunkt hinbringen mag, immer erhält er von jedem Punkte der in F befindlichen Zeichnung ein Strahlenbüschel von einer Weite, wie sie durch den Pupillendurchmesser bestimmt wird, und die Achsenwinkel $w' = w$ — also die scheinbare Größe eines in dem betrachteten Punkte endigenden, auf der Achse senkrecht stehenden Objekts — sind vom Augenorte ganz unabhängig; sie bestimmen sich allein durch die Richtung von dem betrachteten Punkte nach dem vorderen Knotenpunkt der Linse. Führt man also unter Festhaltung dieser Voraussetzungen das Auge etwa von a nach c, so bleibt die scheinbare Größe des Bildes vollständig ungeändert. Wählt man nun eine ziemlich exzentrische Stelle, etwa c, so hat die Bewegung des Auges von der Mitte b nach c auf das im Unendlichen liegende Bild keinen Einfluß gehabt: es ist gleichsam mitgewandert. Für das Stereoskop aber würde eine solche Linse

die wertvolle Eigenschaft haben, daß man mit ihrer Hilfe größere Bilder vereinigen könnte als ohne sie. Setzt man nämlich in der durch die Fig. 27 gekennzeichneten Weise zwei exzentrisch benutzte Linsen zusammen, so sieht man ohne weiteres ein, daß $F_r F_l > O_r O_l$ sein kann, ja daß sogar Personen ganz verschiedenen Augenabstandes $O_r O_l$ ein

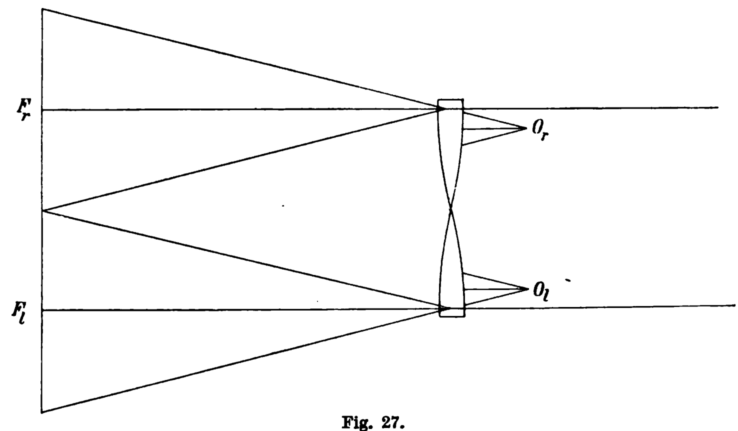


Fig. 27.
Die Verwendung idealer Sammellinsen im BREWSTERschen Stereoskop und die Benutzung von Halbbildern einer den Augenabstand übersteigenden Breite.

solches Stereoskop benutzen können, ohne daß die Winkelgrößen für jedes einzelne Auge eine Änderung erführen; die einzige Verschiedenheit würde in den Basislängen $O_r O_l$ liegen, aber deren Betrag ist ja für jeden Beobachter ein für allemal fest gegeben.

Hält man an einem bestimmten Augenabstande fest, so würde die obige Forderung einer für die ganze Öffnung scharfen und verzeichnungs-

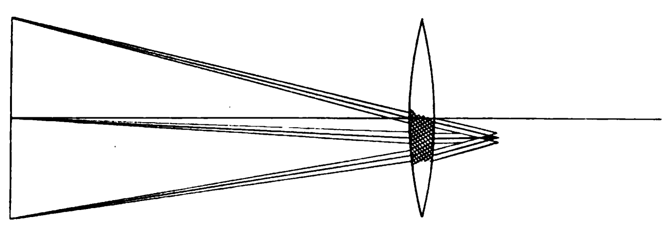


Fig. 28.
Der Strahlengang bei exzentrischer Benutzung der gleichseitigen Bikonvexlinse. Die Schraffierung hebt den Teil der Linse hervor, den die in das Auge gelangenden Strahlen durchsetzen.

freien Abbildung zu weit gehen, denn offenbar kann nur ein kleiner Teil der das ganze System durchsetzenden Strahlen in das Auge gelangen. In der nebenstehenden Fig. 28 ist die Annahme festgehalten worden, daß es sich bei einer gleichseitigen Linse von 16 cm Brennweite um ein Format von 8 : 8 cm handele, und daß der um 8 mm aus der Achse ge-

rückte Augendrehungspunkt einen Abstand von 25 mm von der nächsten Linsenfläche habe. Man erkennt dann aus der Betrachtung der Figur ohne weiteres, daß nur ein im wesentlichen seitlicher Teil der Linse wirklich benutzt wird, und man kann sich leicht vorstellen, daß man die Exzentrizität groß genug wählen kann, um das von den abbildenden Strahlen durchsetzte Linsenstück ganz auf einer Seite der Linse zu erhalten. Damit aber ist die Anwendung der BREWSTERschen Halblinsen begründet.

Aber auch wenn man in dieser Weise die Linsenöffnung nach Maßgabe des in Wirklichkeit bestehenden Strahlenganges beschränkt, ist die Voraussetzung einer fehlerfreien Abbildung bei einer beliebigen einfachen Sammellinse von vornherein durchaus nicht erfüllt. Hält man an gleichseitigen Bikonvexlinsen fest, wie sie zu jener Zeit sehr vielfach angewandt wurden, so sind unter Berücksichtigung der im Vorhergehenden gemachten Angaben über den Augenort die Fehler recht beträchtlich, mit denen die Abbildung behaftet ist. Bei der geringen, nur etwa 1,5-fachen Vergrößerung, wie sie eine solche Linse liefert, werden die Schärfenfehler nicht sehr auffallend, dagegen schaden die Abweichungen vom richtigen Bildorte, die Verzeichnungsfehler, schon bei der hier angenommenen kleinen Exzentrizität von 8 mm oder $^1/_{20}$ der Brennweite in hohem Grade.

Um den Einfluß dieser Verzeichnungsfehler festzustellen, sei die Halblinse als Aufnahmeobjektiv und als Objekt ein im Unendlichen liegendes Quadrat vorausgesetzt, dessen halbe Mittellinien unter einem Winkel von etwa 14 Graden erscheinen sollen. Diese Verhältnisse sind in der Fig. 28 dargestellt, wenn man darin die Lichtbewegung von rechts nach links gehend annimmt. In der Brennebene der hier betrachteten Halblinsen erscheint aber dann nicht, wie es sein müßte, je ein Quadrat von 80 mm Seitenlänge, sondern je eine nur noch gegen die Horizontale symmetrische Figur, im allgemeinen von tonnenförmiger Verzeichnung; und zwar sind, wie sich aus der Fig. 29 entnehmen läßt, die Abweichungen an den Innenseiten wesentlich größer als die an den äußeren. Betrachtet man nun wieder diese Bildfigur, die ganz im Innern des idealen Bildquadrats liegt, durch die Halblinse, so heben sich dafür die Verzeichnungsfehler auf, und man beobachtet ein im Unendlichen liegendes Quadrat, dessen halbe Mittellinien unter einem Winkel von etwa 14 Graden erscheinen. Das umschließende Bildquadrat würde sich

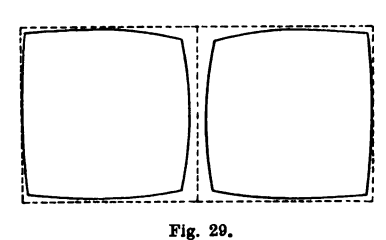


Fig. 29.
Ein Schema für die Bildfigur eines entfernten Quadrats in der Brennebene zweier Halblinsen eines BREWSTERschen Stereoskops. Die gestrichelte Umrandung würde die Umrisse des Bildquadrats angeben, wenn die Halblinsen nicht verzeichneten.

unter größeren Winkeln darbieten, und man sieht leicht ein, daß sich für die Stellen der größte Winkelzuwachs ergeben wird, wo die Abweichungen der Bildfigur am größten waren, also an den Innenecken. Infolge dieses Winkelzuwachses wird sich das Bildquadrat, durch die Halblinse betrachtet, unregelmäßig kissenförmig darstellen. Beachtet man nun, daß die Halbbilder für ein Stereoskop in der Regel von verzeichnungsfreien Linsen geliefert werden, so müssen sie durch Halblinsen betrachtet kissenförmig verzeichnet erscheinen, und zwar an den Innenseiten am stärksten. Aus der Fig. 30 läßt sich leicht entnehmen, wie dadurch die Raumauffassung beeinflußt werden kann. Handelt es sich um den seitlich gelegenen Punkt $\bar{O}$, so wird bei der Betrachtung durch die Halblinsen der durch das linke Halbbild bestimmte Sehstrahl $O_l\bar{O}$ eine viel bedeutendere Ablenkung erhalten, als der rechte $O_r\bar{O}$. Denn da dieser zu der äußeren Seite des rechten Halbbildes gehört, so bleibt seine Richtung fast unverändert. Bei der Betrachtung der Halbbilder durch Halblinsen wird also der seitlich gelegene Punkt $\bar{O}$ viel näher, etwa in $\bar{O}'$, aufgefaßt werden können. Für einen mittleren Punkt O derselben Entfernung werden die beiden Sehrichtungen nur eine viel kleinere (symmetrische) Ablenkung erleiden, und der Punkt wird nur wenig genähert, etwa in O′, erscheinen. Beachtet man noch, daß die stärksten Abweichungen in beiden inneren Ecken auftreten, so läßt sich die folgende Zusammenfassung leicht rechtfertigen:

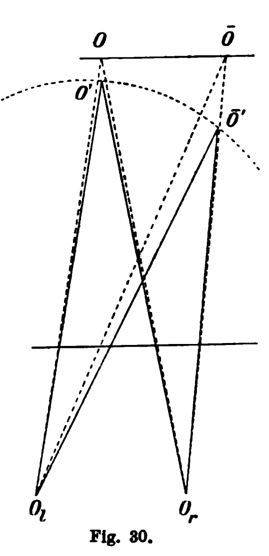


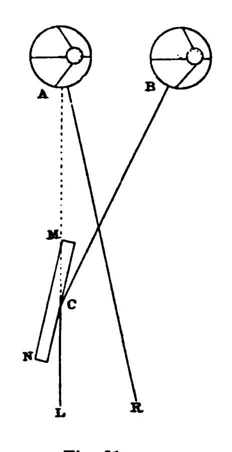
Fig. 30.

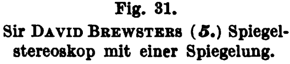
Die Abweichung von dem idealen (gestrichelten) Strahlengange als Folge der Verzeichnung der BREWSTERschen Halblinsen: achsensenkrechte Ebenen erscheinen im ganzen als genäherte Hohlflächen.

Betrachtet man im BREWSTERschen Prismenstereoskop die verzeichnungsfreien Abbildskopien einer zu den Achsen senkrechten Vertikalebene, so ergibt sich der Anschein einer im ganzen genäherten, zu dem Beobachter konkaven Fläche.

Sir DAVID BREWSTER (*5.*) hatte den Vorschlag zu seinem *Prismenstereoskop (lenticular stereoscope)* und anderen Einrichtungen bereits im März 1849 in einem zu Edinburgh gehaltenen Vortrage ausgesprochen, doch verzögerte sich die Veröffentlichung *in extenso* durch den Druck bis zur Mitte oder zum Ende des Jahres 1851. Das BREWSTERsche Prismenstereoskop allein wurde indessen von seinem Erfinder (*9.*) im Herbst 1849 beschrieben und infolge der später zu besprechenden Arbeiten

J. Duboscqs schon im Dezember 1850 veröffentlicht, während das für den sonstigen Inhalt jenes Vortrags nicht galt; man kennt diesen nur aus der späteren Wiedergabe. Die wichtige Anwendung des Amicischen Reflexionsprismas war aber inzwischen bereits von H. W. Dove (*3.*) veröffentlicht worden, und man wird nach der in solchen Fällen üblichen Methode diesem die Priorität zuschreiben, da die erste Veröffentlichung auf ihn zurückgeht. Man kann nicht annehmen, daß jene Brewsterschen Vorschläge etwa infolge mündlicher Überlieferung in England bekannt gewesen seien, denn der ausgezeichnete Kenner des Stereoskops, J. Tyndall, veröffentlichte im Juli 1851 eine Übersetzung der ihm wichtig erscheinenden Dove schen Arbeit, ohne in seiner Einleitung die Brewstersche Vorgängerschaft auch nur mit einem Worte zu erwähnen. Wenn also hier die Besprechung jener weiteren Formen angeschlossen wird, so geschieht das nicht, weil eine Priorität im strengen Sinne vorliegt, sondern um Sir David Brewster den Anspruch auf eine selbständige Erfindung nicht zu kürzen.




Fig. 31.
Sir David Brewsters (*5.*) Spiegelstereoskop mit einer Spiegelung.

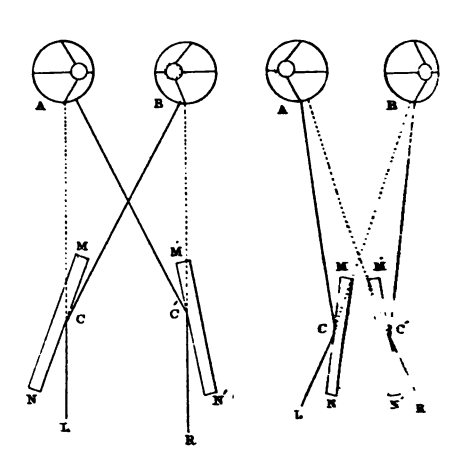


Fig. 32.
Sir David Brewsters (*5.*) Spiegelstereoskope mit zwei Spiegelungen.

Die Experimente wurden vielfach mit Projektionen eines stereom[illegible] schen Körpers angestellt, die zur Horizontalen symmetrisch waren [illegible] daher mit ihrem Spiegelbilde kombiniert werden konnten. Ein so[illegible] Spiegelbild konnte sowohl durch ebene Spiegel *(the single-* und *the* [illegible] *reflecting stereoscope)* erreicht werden (Fig. 31 und 32), wobei stets [illegible] starke Richtungsänderung des gespiegelten Hauptstrahls eintrat, als [illegible] durch ein Amicisches Reflexionsprisma *(the total reflexion stereo[illegible])* (Fig. 33), das in sehr origineller Weise auch noch so umgestaltet wer[illegible] konnte, daß es die Zeichnung vergrößerte. Er erwähnte damals [illegible]

die Möglichkeit, die er (*15. 129.*) später eingehender ausgeführt hat, Miniaturstereoskope für ganz kleine Aufnahmen zu bauen; er nannte sie Mikroskopstereoskope *(the microscope stereoscope)*. Später hat er sie für Aufnahmen vorgeschlagen, wie sie durch Zeichnungen in Binokularmikroskopen oder durch mikrophotographische Aufnahmen geliefert

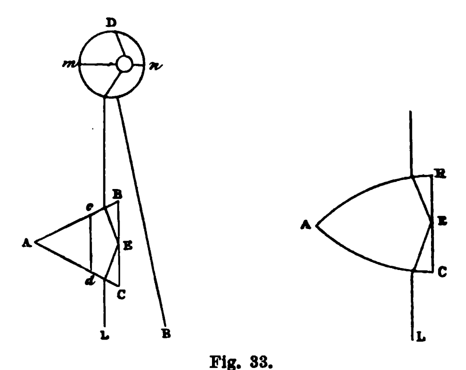


Fig. 33.
Spiegelstereoskope mit totaler Reflexion nach Sir DAVID BREWSTER (*5.*).

werden könnten. Die Theorie der Spiegelinstrumente wird bei der Besprechung der DOVEschen Arbeit gegeben werden. Ferner hob er die Möglichkeit hervor, die beiden Halbbilder eines ebenen Stereogramms dadurch leichter zur Vereinigung zu bringen, daß man das eine von ihnen durch ein gewöhnliches, brechendes Prisma *(the single-prism stereoscope)* (Fig. 34) betrachte. Auf die dadurch eingeführten farbigen Abweichungen legte er kein großes Gewicht, aber er betonte die durch eine solche Anordnung hervorgebrachte Verzeichnung, die sich in einer Krümmung ebener Objektflächen äußere. Das einfache Mittel, durch die Fixierung einer nahen Marke die Augenachsen zu kreuzen, wenn man Versuche mit Tapetenbildern anstellen wolle, und eine Methode, um aus dem Objektabstande die stereoskopische Differenz zu ermitteln, machten den Schluß.

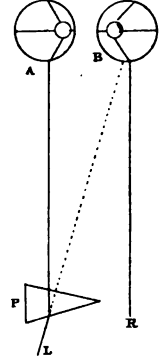


Fig. 34.
Sir DAVID BREWSTERS (*5.*) Stereoskop mit einem brechenden Prisma.

Faßt man alles zusammen, so sind gegen Ende des fünften Jahrzehnts im wesentlichen zwei Formen von Stereoskopen vorhanden, von denen die ältere, WHEATSTONEsche, zweifellos ein wissenschaftlich einwandfreies Instrument war, dessen Theorie vollständig bekannt und gut durchgearbeitet worden war. Durch C. TH. TOURTUAL war noch eine Modifikation angebracht worden, die einzige in diesem Zeitraume. Die Benutzung der WHEATSTONEschen Einrichtung war insofern umständlich, als ein-

mal zwei getrennte, ziemlich große Bilder notwendig waren, und als ferner ihre Beleuchtung namentlich dann Schwierigkeiten machte, wenn es sich um Daguerreotypien handelte. Ihm gegenüber stand das neue Instrument Sir DAVID BREWSTERS, in seiner theoretischen Anlage weit unterlegen, worauf namentlich die Verzeichnung der exzentrisch benutzten Linsenhälften hindeutet, und vorläufig ohne eine Spur von wissenschaftlicher Durcharbeitung der Konstruktionsprinzipien. Dagegen waren aber mehrere für die Praxis günstige Umstände vorhanden. Einmal war man imstande, da man die Aufnahmen durch Linsen betrachtete, auch verhältnismäßig kleine Bilder zu benutzen, die fest nebeneinander auf derselben Ebene angebracht ein Stereogramm bildeten und auch bei Anwendung von Daguerreotypien gut beleuchtet werden konnten. Im Gegensatze zu dem sperrigen Instrumente CH. WHEATSTONES konnte ferner das BREWSTERsche Stereoskop klein und handlich gebaut werden.

Was die Theorie der stereoskopischen Wahrnehmung angeht, so war sie namentlich durch CH. WHEATSTONE und die deutsche Schule gefördert worden, doch standen die beiden Anschauungen des indirekten und des direkten stereoskopischen Sehens oder, wie man auch sagen kann, des beidäugigen Sehens mit ruhenden und bewegten Augen unvermittelt nebeneinander. Ansätze zu einer erfolgreichen Aufnahme der HALDATschen Theorie der Farbenmischung waren vorhanden. Schließlich hatte Sir DAVID BREWSTER gegen Ende dieses Zeitraumes die wichtige Idee ausgesprochen, daß stereoskopische Halbbilder eine modellartige Wirkung vermitteln könnten, wenn bei der Aufnahme die Größe des Objektivabstandes die der Augenentfernung des Beobachters übertreffe.

Ein günstiger Umstand für eine stereoskopische Praxis war darin zu sehen, daß in der Zwischenzeit die photographischen Verfahren viel besser ausgebildet worden waren, und daß nunmehr die Jünger der neuen Kunst und die Verfertiger der photographischen Instrumente auf einer viel höheren Stufe standen, als ein Jahrzehnt zuvor, da CH. WHEATSTONE zuerst die Photographen für seinen Apparat zu interessieren begann.

So wird es von Interesse sein, zu beobachten, wie der zweite, von Sir DAVID BREWSTER ausgehende Impuls auf die Fortentwicklung des Stereoskops wirkte.

3. Die Zeit des allgemeinen Interesses am Stereoskop in den fünfziger Jahren.

Die Vorbereitung auf den praktischen Erfolg.

Die Arbeiten Sir David Brewsters sollten in verschiedenen Richtungen neue Tätigkeit auslösen. Unmittelbar nach der Erfindung ließ sich das neue Brewstersche Prismenstereoskop allerdings noch nicht einführen, denn, wie W. B. Carpenter (*1.*) berichtet hat, ein schon 1849 von dem Londoner Optiker A. Ross hergestelltes Stereoskop dieser Art erregte beim Publikum durchaus kein Interesse. Als Sir David Brewster (*15. 29.*) im Frühjahre von 1850 Paris besuchte, hatte er den Einfall, ein Exemplar des neuen Instruments dem ihm bekannten Pariser Optiker N. Soleil und dessen Schwiegersohne J. Duboscq zu zeigen, der vor kurzem die Leitung des optischen Geschäfts übernommen hatte. J. Duboscq, auf dessen Mitteilung (*1.*) sich diese Darstellung besonders stützt, sah die kommerzielle Wichtigkeit der neuen Idee ein und arbeitete mit Leidenschaft an ihrer praktischen Ausgestaltung, die Sir David Brewster in seine Hände gelegt hatte. Und noch in den letzten Dezembertagen desselben Jahres 1850 vollendete und beschrieb er (*1.*) seine erste Ausführungsform des Brewsterschen Stereoskops. Man kann aus seiner Darstellung entnehmen, daß es sich um einen pyramidischen Kasten mit Brewsterschen Halblinsen handelte, die zum Zwecke der Einstellung von der Bildebene entfernt und ihr genähert werden konnten. Die Brennweite der Betrachtungslinsen betrug 18 cm, so daß sich nur eine etwa $1^1/_3$-fache Vergrößerung der Bilder ergab. Zum Schluß wurde darauf hingewiesen, daß das Relief übertrieben erscheine, wenn die Bilder aus einer kurzen Entfernung aufgenommen worden seien. Diese Bemerkung läßt sich durch die Annahme erklären, daß es Konvergenzaufnahmen waren, die J. Duboscq in diesem Stereoskop betrachtet hatte; doch kann ein solcher Eindruck auch dadurch hervorgerufen worden sein, daß die Brennweiten der Betrachtungslinsen die der Aufnahmeobjektive an Länge gar zu sehr übertrafen.

Bevor aber der kommerzielle Erfolg geschildert wird, der zunächst J. Duboscq und dann auch andere Optiker erwartete, muß der Weiterbildung gedacht werden, die die Theorie des Stereoskops um diese Zeit durch H. W. Dove erfuhr.

Der Berliner Physiker hatte seine Farbenmischungsversuche weiter fortgeführt und veröffentlichte (*2.*) im Frühjahre von 1850 das Ergebnis, das A. de Haldat wohl schon besessen aber noch nicht über allen Zweifel begründet hatte, daß nämlich die Entstehung der Mischfarbe aus zwei verschiedenen, den Einzelaugen im Stereoskop dargebotenen Farben davon abhänge, „daß die Elongation der Schwingungen beider nahe gleich

„oder nicht zu verschieden ist". Nur dann gelang es ihm, die äußersten Enden eines durch ein Flintprisma entworfenen Spektrums so miteinander zu vereinigen, daß das Ergebnis eine Purpurfarbe wurde. Die Einrichtung, die er dazu verwandte, war ein aus zwei verschiedenen Fernrohren gleicher Vergrößerung, einem aufrichtenden (holländischen oder terrestrischen) und einem astronomischen, zusammengesetztes Doppelglas. Man konnte dieses Instrument auch als Stereoskop verwenden und erhielt dann den stereoskopischen Effekt mit einer einzigen Zeichnung, da eine solche mit ihrer Umkehrung vereinigt wurde, vorausgesetzt, daß sie aus zwei symmetrischen Hälften, einer oberen und einer unteren bestand, so daß ihre Umkehrung mit einer einfachen Spiegelverkehrung identisch war. Da mit Projektionen einfacher stereometrischer Figuren (beispielsweise eines geraden Kegelstumpfs, einer geraden abgestumpften Pyramide u. ä) diese Bedingung leicht erfüllt werden konnte, so genügte hier auch die DOVEsche Einrichtung, und sie war, wie man hinzufügen kann, besonders wichtig für die nicht photographierenden Physiker Deutschlands, die ihre Versuche vielfach mit solchen einfach herzustellenden Zeichnungen unternahmen. Am Schlusse der Abhandlung wurde hervorgehoben, daß eine Vertauschung der beiden Fernrohre einen vorher erhaben aufgefaßten Gegenstand nunmehr vertieft erscheinen lasse.

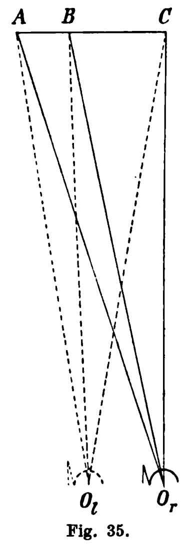


Fig. 35. Der objektseitige Strahlengang bei dem Fernrohrstereoskop H. W. DOVES.

Um auf die Theorie dieses Stereoskops näher einzugehen, sei zunächst das holländische Fernrohr rechts, das astronomische links angenommen (Fig. 35). Die Zeichnung bestehe aus drei senkrechten Geraden gleicher Länge, die in dem hier dargestellten Horizontalschnitte als drei Punkte A, B, C erscheinen. Konstruiert man die Objektaugen, so erhält man, wenn der Einfachheit wegen angenommen wird, daß der Beobachter weit genug zurückgetreten sei, um die Verschiedenheit des Abstandes der beiden Objektaugen von der Zeichenebene vernachlässigen zu können, das in der Figur 35 stark verkürzt dargestellte Schema für die in die beiden Augen gelangenden Strahlen. Es ist dabei eine kleine Verschiebung der beiden Fernrohre nach einer (hier der rechten) Seite vorgenommen worden, damit das körperliche Raumbild ganz in das Endliche falle. Ein Objektrelief besteht also nicht, und die von der ebenen Zeichnung in das aufrechte und in das umgekehrte Objektauge gelangenden Strahlen würden keinen einheitlichen Eindruck ergeben, wenn nicht die Zeichnung in bezug auf eine horizontale Achse symmetrisch wäre. So aber hat das Auge kein Mittel, um die Umkehrung zu bemerken, und es bleibt von der durch das astronomische

Fernrohr hervorgebrachten Bildumkehrung nur eine Vertauschung der beiden Seiten, also von links und rechts übrig, die einer Spiegelverkehrung äquivalent ist. Entwirft man unter Annahme einer zweimaligen Vergrößerung der beiden orthoskopischen Fernrohre die Strahlen auf der

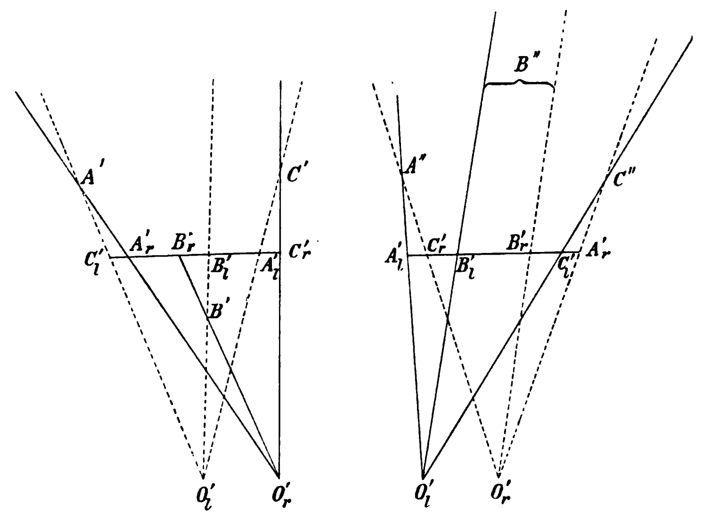


Fig. 36.
Der bildseitige Strahlengang bei dem Fernrohrstereoskop H. W. DOVES.

Fig. 37.
Der der Fig. 36 entsprechende Fall bei einer Vertauschung der beiden Fernrohre.

Bildseite (Fig. 36), so erhält man, da nunmehr O'_l C'_l und O'_r A'_r als entsprechende gelten, die drei Kanten einer gegen den Beobachter erhabenen dreikantigen Säule A′ B′ C′. Nimmt man in der nur für den Bildraum gezeichneten Figur eine Vertauschung der beiden Fernrohre vor (Fig. 37) und verschiebt sie aus dem oben angegebenen Grunde nach der linken Seite, so erhält man das Raumbild einer gegen den Beschauer hohlen Säule A″ B″ C″.

Für diese Raumerfüllung läßt sich ein einfaches Kriterium angeben. Es seien O_l und O_r die beiden Augen und γ_1 ein kleinerer, γ_2 ein größerer Konvergenzwinkel (Fig. 38), dann lassen sich ohne weiteres die beiden Kreise zeichnen, die die geometrischen Örter sind für alle Punkte mit den vorgeschriebenen Konvergenzen. Beschränkt man sich, wie das für alle stereoskopischen Apparate zutrifft, auf ziemlich kleine Horizontalwinkel [w′ unter 20—25 Graden], so sieht man, daß die Summe $\alpha_1 + \beta_1$ der Winkel zwischen $\overline{O_l\, O_r}$ und den

Fig. 38.
Das Kriterium für die Tiefenwirkung.

*versionsprisma**) (Fig. 41, S. 61) zu betrachten. Den Beschluß machte ein Stereoskop mit zwei Zeichnungen und einem Ableseprisma oder einem ebenen Metallspiegel (Fig. 42), bei dem die Ebenen der beiden Bilder einen rechten Winkel miteinander bildeten; auch diese Anordnung weicht nur unbedeutend von dem WHEATSTONEschen Spiegelstereoskop ab.

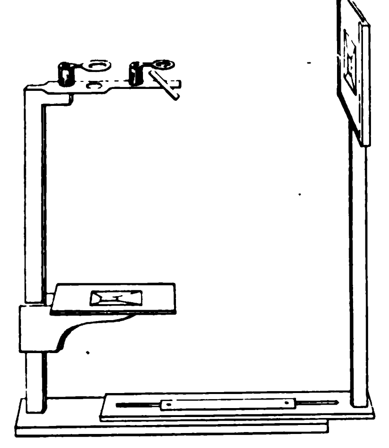


Fig. 42.
H. W. DOVES (*6. Taf. I.*) Spiegelstereoskop.

Bei den hier vorgeschlagenen Typen war der Benutzer, soweit es sich um zwei physisch getrennte Halbbilder handelte, gar nicht an einen besonderen Betrachtungsabstand von den Bildern gebunden, und H. W. DOVE (*3.*) hob es klar hervor, daß man nicht genötigt sei, die beiden Zeichnungen in demselben Maßstabe auszuführen; für Beobachter mit verschiedener deutlicher Sehweite für beide Augen könnten ebensogut auch verschiedene Maßstäbe Anwendung finden. Natürlich müsse man durch gehörige Abrückung der Bilder für die Gleichheit der Winkel sorgen.

Die Besprechung der DOVEschen Arbeiten an dieser Stelle war nicht bloß aus einem chronologischen Grunde, sondern auch deshalb notwendig, weil bei der eifrigen Ausbildung verkaufsfähiger Stereoskoptypen in Frankreich auch die DOVEsche Form mit den zwei AMICIschen Reflexionsprismen eine gewisse Rolle spielte. Zunächst beschrieb F. MOIGNO (*1.*) eingehend die beiden Hauptformen von Stereoskopen, die J. DUBOSCQ in der kurzen Zeit von weniger als anderthalb Jahren entwickelt hatte. Am wichtigsten war das BREWSTERsche Prismenstereoskop, das in verschiedenen Ausführungsformen vertrieben wurde, und zwar sind diese dadurch kenntlich, daß bei ihnen der für Daguerreotypien

*) Es mag hier darauf hingewiesen werden, daß es wünschenswert erscheint, den von H. W. DOVE (*5.*) selbst für dieses Umkehrsystem gewählten Namen beizubehalten. Es ist ihm offenbar unbekannt gewesen, daß P. HARTING (*1. 1. Teil. 262.*) bereits 1848 dieselbe Kombination zur vollständigen Bildumkehrung beim Mikroskop vorgeschlagen hatte. Wenn nun auch die allgemeine Aufmerksamkeit erst durch H. W. DOVE auf diese Einrichtung gelenkt wurde, und ihre Theorie auf ihn zurückgeht, so muß doch P. HARTINGS Priorität anerkannt werden. Die vollständige Angabe des Publikationsorts ist erst durch die freundliche Mithilfe des Herrn L. E. W. VAN ALBADA möglich geworden.

Es besteht also ein HARTING-DOVEsches Reversionsprisma aus zwei AMICIschen Reflexionsprismen, deren spiegelnde Flächen in den hier interessierenden Fällen aufeinander senkrecht stehen.

unentbehrliche Kasten fortgefallen war. Der Grund dafür war wohl zum Teil der, sie billiger anbieten zu können, teils aber eigneten sie sich dann auch besser zur Betrachtung von Papierbildern, die in Albums eingeklebt waren. Die DOVEsche Form erschien als Vorrichtung zur Vereinigung von stereoskopischen Projektionsbildern, mit denen man also schon im ersten Halbjahre von 1852 einen Anfang gemacht hatte. Dabei ist besonders auf die hübsche Methode aufmerksam zu machen, die angewandt wurde, um auf einfache Weise die Neigung der Prismen gegeneinander ändern zu können.

Bald darauf erschien aus derselben Feder (*2.*) eine neue Mitteilung über die Stereoskope von J. DUBOSCQ, die nach verschiedenen Richtungen hin von einiger Wichtigkeit sind. Einmal finden sich hier zuerst die Halbbilder übereinander angeordnet, was den Vorteil hat, daß die Bildbreite überhaupt keiner Beschränkung unterliegt. Schon hierbei scheint ein rhombisches Prisma angewandt zu werden, was später bei J. DUBOSCQ (*8.*) noch etwas deutlicher wird. Sodann tritt auch hier (*7.*) jene Verbindung des Stereoskops mit dem PLATEAUschen Lebensrade auf, die bis in die neueste Zeit der Reihenbilder hinein den Eifer der Erfinder geweckt hat. Schließlich wird auch noch der Verwendung von Diapositivbildern *(abat jour)* als Stereogrammen Erwähnung getan.

Was sonst noch von J. DUBOSCQ auf diesem Gebiete berichtet wird, stammt aus einer etwas späteren Zeit, doch kann es gleich hier erledigt werden, da es nur von untergeordneter Bedeutung ist. Neben einem nicht mit einer sehr großen Klarheit unternommenen Versuche (*4.*), dem Guckkasten eine stereoskopische Einrichtung zu geben — denn jedes Stereoskop ist nichts weiter als ein zweckmäßig konstruierter Guckkasten für beide Augen — wird in zwei Aufsätzen (*5. u. 6.*) von einer Zerlegung der BREWSTERschen exzentrisch benutzten Linsen in Linsen und Prismen berichtet, wobei die durch die Prismen eingeführte Verzeichnung durch eine Neigung der Linsenbestandteile kompensiert werden soll. Interessant ist es, wie er durch eine Art drehbarer Prismen eine in weiten Grenzen regulierbare Ablenkung zuwege brachte. Nur wenig später hat er (*7. u. 8.*) alsdann — anscheinend als erster — das DOVEsche Prismenstereoskop aus zwei AMICIschen Reflexionsprismen (s. S. 61) dazu verwandt, ein Stereoskop für unzerschnittene Bilder zu konstruieren (Fig. 43). Über die Prismen hat er noch zwei Lupen gesetzt. Der Eindruck war orthoskopisch, weil der chiastozentrischen

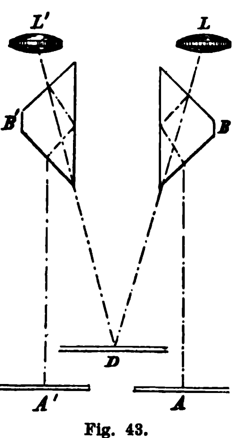


Fig. 43.
J. DUBOSCQS (*8.*) Verwendung eines DOVEschen Prismenstereoskops zur Betrachtung unzerschnittener Kopien.

Stellung der Kopien eine chiastopische Stellung der Objektaugen entsprach. Eine größere Verbreitung war diesem Instrument wohl deshalb nicht beschieden, weil das Gesichtsfeld nicht groß war.

Wer dann zuerst mit dieser Anordnung das auf der Mattscheibe der Parallelcamera entstehende Stereogramm betrachtet und dabei natürlich einen orthoskopischen Eindruck erhalten hat, war aus der hier benutzten Literatur nicht zu ersehen. Diese Anordnung fand sich — sicherlich verspätet — beschrieben in der Fachzeitschrift „*The Photographic News*", (1864. *8.* Nr. 305. 333.), und zwar einer belgischen Quelle entnommen. Auch hier wurde für die Beobachtung ein nach vorn und unten unter 45 Graden geneigter Spiegel angewandt, um die Halbbilder aufzurichten und gleichzeitig die Beobachtungsrichtung aus der horizontalen in die bequemere vertikale Lage zu bringen.

Doch wenn auch diese letzten Arbeiten keine große Bedeutung erlangt haben, so wird man J. Duboscq ohne Einschränkung den Ruhm zuerkennen müssen, daß er durch sein glückliches Geschick als ausführender Optiker den Gedanken der wissenschaftlichen Größen seiner Zeit eine brauchbare Gestalt gab. Wenn namentlich bei der ersten allgemeinen Industrieausstellung zu London 1851 das Stereoskop eine der Hauptanziehungen und Neuheiten abgab, so war das in hohem Maße J. Duboscqs Verdienst, und der ganz ungemein große Absatz*) namentlich französischer Stereoskope in jenen Jahren ist dem technischen Geschick dieses französischen Optikers wohl zu gönnen gewesen.

Der große und nach dem Mißerfolge mit den Konstruktionen englischer Optiker wohl ungeahnte Anklang des neuen Instruments scheint bald den Keim zu einer gewissen Rivalität zwischen dem englischen und dem schottischen Gelehrten gelegt zu haben, und daraus entwickelte sich im Laufe der Zeit bei Sir David Brewster eine unverkennbare Animosität gegen seinen Kollegen. Es ist wie eine Art von *rabies inventorum*, was diesen verdienten Forscher ergriff, und auch von englischen Autoren, wie von W. B. Carpenter (*1.*), dem Verteidiger Ch. Wheatstones, auf den großen Erfolg zurückgeführt wurde, den Sir David Brewster an der Duboscqschen Konstruktion erlebte. Damit stimmt auch gut überein, daß sein in dem Vortrage (*5.*) von 1849 der Wheatstoneschen Erfindung gegenüber eingenommener Standpunkt gar nicht so feindselig ist als in den auf das Jahr 1852 folgenden Publikationen.

Von den beiden Gegnern' kam zuerst Ch. Wheatstone zu Wort, und zwar hielt er in den ersten Tagen des Jahres 1852 seinen zweiten Hauptvortrag (*3.*) über das Stereoskop. Es war ein dem ersten nahe-

*) Sir David Brewster (*15. 36.*) veranschlagte die Anzahl der bis 1856 abgesetzten Prismenstereoskope auf mehr als eine halbe Million.

kommendes Meisterwerk, und diese zweite große Arbeit von CH. WHEATSTONE soll hier ebenfalls genauer wiedergegeben werden, weil auch sie nicht genügend bekannt geworden ist.

Unter Hinweis auf den ersten Vortrag und die erste Publikation in H. MAYOS Schrift werden die Dienste einzeln aufgezählt, die das Stereoskop der physiologischen Untersuchung des Sehvorganges leisten könne. Denn dieses Instrument erlaube, die verschiedenen Bedingungen, unter denen das Sehen vor sich gehe, unabhängig voneinander zu variieren, sei es, daß es sich um die Änderungen der angularen Größe, oder um solche der Konvergenz und des Akkommodationszustandes handele. Diesen Zwecken diene am besten ein abgeändertes Stereoskop, bei dem die Bildebenen verschiedene Neigungen zu den Spiegeln und verschiedene Entfernungen von ihnen einnehmen könnten (Fig. 44). Mit einem solchen

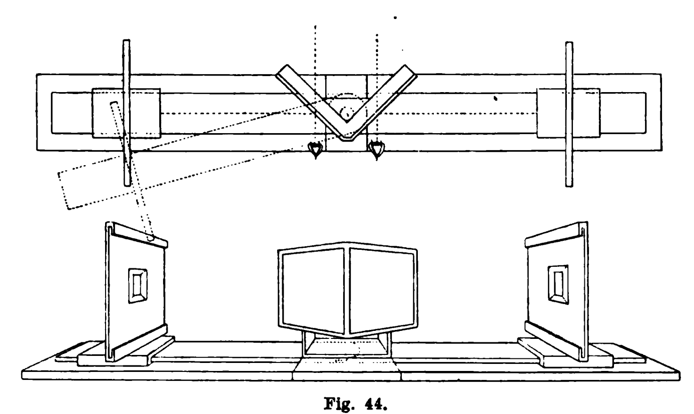


Fig. 44.
CH. WHEATSTONES (3.) abgeändertes Spiegelstereoskop.
Vorderansicht und Grundriß.

Instrument lasse sich zeigen, daß bei gleichbleibender angularer Größe der beiden Bilder die Größe des durch den binokularen Eindruck vorgetäuschten Gegenstandes wachse, wenn die Konvergenz abnehme und umgekehrt. Bleibe ferner die Konvergenz der Achsen konstant, und nehme die angulare Größe der Bilder zu, so entspreche der binokulare Eindruck einem größeren Gegenstande. Die Sicherheit des Urteils über die Entfernung aus der Konvergenz der Achsen sei nicht groß, dagegen sei die Größenänderung in dem im Stereoskop gesehenen Objekt sehr deutlich. Die enge Verbindung der Akkommodation mit der Konvergenz störe häufig und werde entweder durch die Einschaltung von zerstreuenden oder sammelnden Brillengläsern oder durch die Anwendung von Lochbrillen unschädlich gemacht. — In der Zeit seit 1838 seien namentlich von Sir DAVID BREWSTER und H. W. DOVE verschiedene Stereoskope vorgeschlagen worden, doch eigneten sich für Forschungszwecke die Spiegel-

stereoskope *(reflecting stereoscopes)* am besten. Von diesen lasse sich eine leicht faltbare Form angeben (Fig. 45), die zusammengelegt nicht größer sei als ein Würfel von 15 cm Seitenlänge. Hierbei würden manchmal die Spiegel durch Ableseprismen ersetzt, deren Entfernung nach dem Augenabstand des Beobachters gewählt werden könne. Auch ein Stereoskop mit Prismen sei für kleinere Bilder vorgeschlagen worden, und zwar eigne es sich besonders für Daguerreotypien und habe außerdem den Vorteil besonders leichter Tragbarkeit. — Während die ersten Stereogramme Körperskelette oder ganz einfache perspektivische Zeichnungen gewesen seien, wären den späteren die photographischen Verfahren zu Hilfe gekommen, die 1839 veröffentlicht worden wären. Die ersten Versuche seien mit Hilfe von H. F. TALBOT und von H. COLLEN (s. S. 46) angestellt worden, dann wären auch noch andere photographische Praktiker herangezogen worden. Die Aufnahmen seien Konvergenzaufnahmen mit einem Winkel von 18 Grad gewesen, wie er sich bei 20 cm Abstand des Konvergenzpunkts und 63,5 mm Augenabstand ergäbe. Für photographische Porträts würden zwei Cameras benutzt, um die beiden Aufnahmen gleichzeitig machen zu können. Gebe man den beiden Cameras einen größeren Abstand, als er der Entfernung der beiden Augen des Beobachters entspreche, so erhalte man ein stereoskopisches Miniaturbild. Für andere Konvergenzen ergäben sich andere Objektentfernungen, wie eine kleine Tafel zeige, die für alle geradzahligen Konvergenzwinkel zwischen 2 und 30 Grad die zugehörigen Objektentfernungen in Zollen angebe. — Betrachte man Halbbilder geringer Aufnahmekonvergenz im Stereoskop mit starker Konvergenz, so ergebe sich eine Minderung der Tiefe. Unter den umgekehrten Verhältnissen trete eine Tiefensteigerung ein. — Wolle man einen dem wirklichen gleichen Eindruck haben, so müsse die Achsenkonvergenz bei der Aufnahme mit der bei der Betrachtung übereinstimmen; es wirke indessen häufig angenehm, wenn man die Tiefe dadurch steigere, daß man für die Betrachtung eine geringere Konvergenz wähle. Man könne Bilder, die mit einer Konvergenz von 7—8 Grad aufgenommen worden seien, mit dieser Wirkung in einem Parallelstereoskop betrachten. Zweckmäßig schalte man dann noch Linsen zwischen Auge und Halbbild, um dieses unter kaum veränderten Winkeln im Unendlichen abzubilden. Es sei nicht nötig, daß man dazu mit Sir DAVID BREWSTER exzentrisch benutzte Halblinsen verwende, vollständige Linsen täten es auch, wenn nur die Breite des einzelnen Halbbildes den Augen-

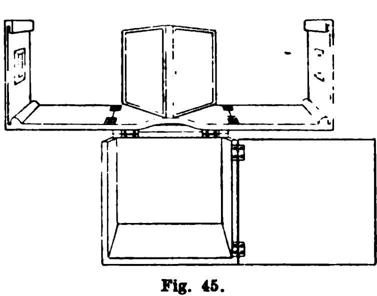


Fig. 45.
CH. WHEATSTONES (S.) faltbares Spiegelstereoskop.

abstand des Beobachters nicht überschreite (Fig. 46). Der stereoskopische Eindruck scheine sich aber nicht auf einen unendlich entfernten Gegenstand zu beziehen. Dafür sei als Grund wohl die große Verschiedenheit der beiden Halbbilder anzusehen. — Bereits in der ersten Veröffentlichung wären die konvertierten Formen beschrieben worden, die sich bei der Vertauschung der beiden Halbbilder im Stereoskop ergäben. Diese Konvertierung stelle sich ebenfalls ein, wenn man in einem Spiegelstereoskop solche Halbbilder betrachte, die für ein Linsenstereoskop bestimmt seien, und ferner dann, wenn man die Halbbilder erst umkehre, bevor man sie den Augen darbiete. Die hierbei eintretende Änderung der Raumerfüllung lasse sich auf eine einfache Weise geometrisch begründen. Die Spiegelung oder die Umkehrung des Objekts selber bringe indessen keine Konversion hervor. — Es gebe aber Instrumente, die auch körperliche Objekte konvertieren, und solche bezeichne er als *Pseudoskope*. Die wichtigste Form beruhe auf der Spiegelung der Halbbilder. Zwei Ableseprismen aus Flintglas von 3 cm Seitenlänge würden so verbunden (Fig. 47), daß ihre Hypotenusenflächen 5 cm voneinander entfernt seien und einander parallel ständen. Bei der Betrachtung naher Gegenstände könnten sie auch gegeneinander geneigt werden. Am besten werde das Instrument auf ein Objekt in mittlerer Entfernung so eingestellt, daß dieses seinen Ort und seine Größe beizubehalten scheine, dann erschienen entferntere Gegenstände kleiner und näher, nähere größer und ferner. Nicht alle Gegenstände seien für die Wahrnehmung des pseudoskopischen Eindrucks gleich gut geeignet, am besten gelinge es bei solchen, deren Konversionen leicht einen Sinn gäben. Eine Reihe von weiteren Konversionen solle im Anschluß daran beschrieben werden. Es gebe aber auch noch Pseudoskope anderer Einrichtung, und zwar sei neben einem nicht sehr vielseitig brauchbaren aus Planspiegeln ein solches anzugeben, das aus zwei Linsen kurzer Brennweite bestehe, die je vor ein Auge gebracht würden. Auf die von diesen entworfenen Bilder richte man entweder die Augen direkt und habe dann ein nur kleines Gesichtsfeld, oder man lasse die Bilder auf der Mattscheibe einer Camera entstehen und betrachte sie mit einem gewöhnlichen, nicht reflektierenden Stereoskop. — Die monokulare Pseudoskopie hänge besonders von der unrichtigen Deutung der Halbschatten ab.

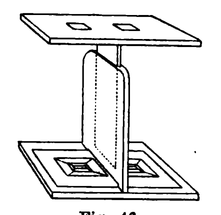


Fig. 46.
CH. WHEATSTONES (3.) Linsenstereoskop.

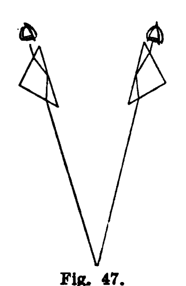


Fig. 47.
CH. WHEATSTONES (3.) Pseudoskop.

Ganz enge an diesen schließt sich ein weiterer Vortrag an, den CH. WHEATSTONE (5.) im Frühjahre des folgenden Jahres hielt, und der

gleich hier besprochen werden möge. In dieser Äußerung beschäftigte er sich mit der Weiterbildung des zusammenklappbaren Spiegelstereoskops (s. S. 66). Er richtete es für größere Bildformate ein und gab ihm dazu etwas größere Ausmaße (zusammengelegt 23 : 13 : 11 cm; geöffnet 60 : 30 : 23 cm), außerdem trug er auch für eine Einstellmöglichkeit der Halbbilder Sorge. Schwache Konvexgläser hatte er vorgesehen, um die Vereinigung der Bilder bei kleinen Konvergenzwinkeln zu erleichtern. Die Linsen waren in ihrer gemeinsamen Ebene und senkrecht zu ihrer Verbindungslinie einzeln verstellbar, um auf die richtige Höhe gebracht werden zu können. Diese in der Regel vernachlässigte Einstellungsmöglichkeit sah er für sehr wichtig an. Eine den Prismen (s. S. 66) bereits erteilte Verschiebung in horizontaler Richtung scheint er diesen Brillengläsern nicht verliehen zu haben.

Der Hauptvortrag hat auf die Mitwelt durch die in ihm enthaltenen Mitteilungen über Pseudoskopie ganz außerordentlich gewirkt, auch die Konvergenzaufnahmen haben, wie bald gezeigt werden wird, einen großen Anklang namentlich bei den Photographen gefunden, wie sie allem Anscheine nach auch unter Beihilfe eines solchen, A. Claudets nämlich, entstanden sind. Aus dem Berichte auf S. 75 läßt sich entnehmen, daß diese Methode auf Grund der in dem angenommenen Maße nicht vorhandenen Analogie zwischen der Funktion der Augen beim beidäugigen Sehen und der photographischen Objektive bei Konvergenzaufnahmen schon sehr früh angewandt wurde. Bei Ch. Wheatstone findet sich ferner auch schon der Vorschlag, die durch Konvergenzaufnahmen erhaltenen Photogramme mit geänderter Konvergenz zu betrachten. Die Abweichung war zunächst aus wissenschaftlichem Interesse eingeführt worden und hatte zu interessanten psychologischen Ergebnissen geführt, wurde aber schließlich auch aus ästhetischen Rücksichten empfohlen, weil die Steigerung der Tiefenwahrnehmung an sich erstrebenswert erschien. Eine derartige Konvergenzänderung hat nun die störende Folge, daß dann kein Raumbild im strengen Sinne mehr entsteht, weil sich die entsprechenden Strahlen im Bildraume nicht mehr schneiden, sondern nur noch kreuzen. Aber ganz abgesehen von diesem Mangel in der Strahlenvereinigung hat jener Wheatstonesche Vorschlag insofern auch bedenkliche Folgen gehabt, als er der Neigung des Publikums entgegenkam, von der Homöomorphie leichten Sinnes abzusehen. Selbstverständlich war es Ch. Wheatstone sehr wohl bekannt, daß für die vollständige Homöomorphie eine Wiederholung der Aufnahmekonvergenz notwendig ist.

Wenig Teilnahme scheinen merkwürdigerweise die Worte Ch. Wheatstones gefunden zu haben, die er seinem mit vollständigen, zentrisch benutzten Linsen ausgestatteten Stereoskop widmete. Er schlug bereits 1852 eine solche Einrichtung vor, bei der die Linsenachsen durch die

Mitten der Halbbilder gingen, und wo infolge davon die Breite der Halbbilder durch den Augenabstand des Beobachters bestimmt war. Dieses Instrument, das hier als WHEATSTONEsches *Linsenstereoskop* angeführt werden soll, war von seinem Erfinder dem BREWSTERschen Prismenstereoskop entgegengestellt worden, und es hat, als die Konstrukteure allmählich gleichsam widerwillig dieser Form nähertraten, einen immer erfolgreicheren Krieg gegen jenes Prismenstereoskop geführt.

Weiter verdienen die verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten eine Erwähnung, sei es, daß sie sich (*3. 5.*) auf die Seitenverstellung von Prismen oder (*5.*) auf die Höherstellung von Linsen bezogen. Man findet hier zum ersten Male ein Mittel zur Beseitigung eines in den Stereogrammen etwa vorhandenen Höhenfehlers.

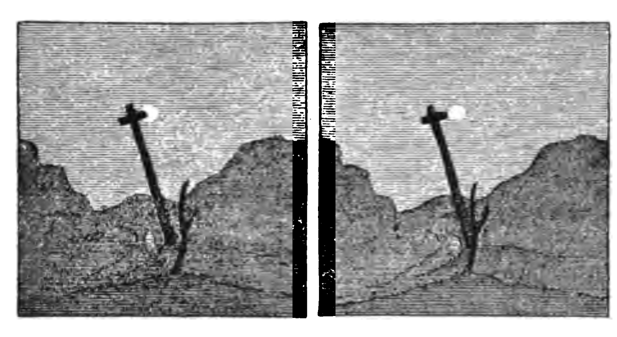


Fig. 48.
Das ELLIOTsche Stereogramm nach Sir DAVID BREWSTER (*15. 57.*).
Es sind drei Abstände (Mond, Kreuz, Bäumchen) angegeben worden.

Gewisse Ansätze zu pseudoskopischen Beobachtungen sind schon vorher (S. 40, 58 und 60) erwähnt worden: doch handelte es sich hier zum ersten Male seit CHÉRUBIN D'ORLÉANS um ein wirkliches pseudoskopisches Experiment an körperlichen Objekten selbst. Das als Pseudoskop empfohlene Instrument war identisch mit einem der DOVEschen Stereoskope zum Betrachten von Stereogrammen (S. 61). Es scheint nicht allgemein beachtet worden zu sein, daß die von CH. WHEATSTONE empfohlene Anordnung der Prismen, wobei sie sich ihre Hypotenusenflächen zukehren, nicht die einzig mögliche ist. Im Gegenteil hat sogar eine Form gewisse Vorzüge, wo die Hypotenusenflächen nach außen gewandt sind, und zwar insofern als die beiden Objektaugen eine größere Entfernung voneinander erhalten. Die chiastopische Augenstellung an sich und mit ihr die pseudoskopische Wirkung wird aber in diesen beiden Formen ebenso wie bei einer parallelen Stellung der Prismen erreicht.

Eine ganz vergebliche Prioritätsreklamation des schottischen Mathematiklehrers J. ELLIOT (*1.*) wurde nur durch dessen eigene Unaufmerk-

samkeit veranlaßt. In der Zeitschrift *The Philosophical Magazine* war zur Erleichterung des Verständnisses auch CH. WHEATSTONES erster Vortrag vom Jahre 1838 abgedruckt worden, und das brachte J. ELLIOT, da er das beigefügte Datum übersehen hatte, zu einer Prioritätsreklamation für das Jahr 1839, wo er allem Anscheine nach ganz selbständig eine kleine stereoskopische Landschaftszeichnung (Fig. 48, S. 69) angefertigt hatte. Er gestand gleich darauf in einem an die Redaktion gerichteten Schreiben seinen Irrtum ein, und die Episode würde gar nicht erwähnt zu werden brauchen, hätte nicht Sir DAVID BREWSTER (*15. 19, 56.*) auf diese ELLIOTsche Nacherfindung ein ganz besonderes Gewicht gelegt, so daß der Name dieses Mannes in dieser Zeit nicht selten als der eines Erfinders der Stereoskopie auftritt.

Die auf den WHEATSTONEschen Vortrag unmittelbar folgende Zeit ist so außerordentlich reich an Betätigung des Forschungs- und Schaffenstriebes, daß es notwendig erscheint, die rein chronologische Gruppierung aufzugeben zugunsten einer Zusammenfassung nach bestimmten Gesichtspunkten technischer Art, wie sie sich aus dem Studium jener reichen Zeit ergeben.

Die Ausbildung der binokularen Mikroskope.

Das Auftreten von binokularen Mikroskopen fällt in die Zeit unmittelbar nach dem zweiten WHEATSTONEschen Vortrage. Es ist auch ganz verständlich, daß die vielfachen, im Anfang der fünfziger Jahre gegebenen Anregungen nicht nur einen allgemeinen Aufschwung des Interesses auslösten, sondern auch die Mikroskopiker im besonderen auf dieses Gebiet hinwiesen.

JOHN LEONARD RIDDELL [* 20. Febr. 1807, † 7. Okt. 1865], ein Professor der Chemie an der Universität Louisiana, veröffentlichte (*1.*) gegen Ausgang des Jahres 1852 ein binokulares Mikroskop, wobei die Teilung der aus dem Objektiv austretenden Strahlenbüschel durch zwei Paare von Ableseprismen oder auch von parallelen Spiegeln erreicht wurde (Fig. 49). Ihm fiel die pseudoskopische Wirkung auf, die sich ergab, wenn er hinter die Prismen gewöhnliche Okulare setzte. Die Wichtigkeit der beidäugigen mikroskopischen Beobachtung schilderte er schon bei der ersten Veröffentlichung in einer Sprache, die zu dem zunächst erreichten, doch nur dürftigen Erfolge in einem gewissen Mißverhältnis stand. Die Anpassung an den Augenabstand des Beobachters geschah zweckmäßigerweise durch eine Parallelverschiebung der äußeren Prismen oder Spiegel.

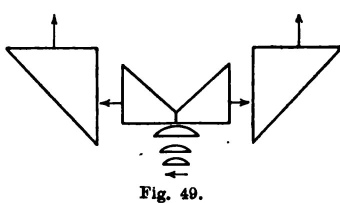


Fig. 49.
Das erste Binokularmikroskop nach J. L. RIDDELL (*1.*).

E. ABBE (*1. 199.*) hat später darauf aufmerksam gemacht, daß eine solche geometrische Teilung der Büschel in der Austrittspupille des Mikroskopobjektivs selbst oder doch in ihrer Nähe stattzufinden habe. Ihr entspricht dann auf der Objektseite eine Halbierung der Eintrittspupille. Für die beiden Halbbilder, die in der Einstellungsebene des Mikroskopobjektivs entstehen, gelten als Projektionszentren die Schwerpunkte der beiden Halbkreise, in die die Eintrittspupille zerlegt wird.

Sehr bald darauf trug CH. WHEATSTONE (*4.*) selbst seine Ansichten über binokulare Mikroskopie vor. Er hatte schon nach seiner ersten Kundgebung des Stereoskops die wichtigsten Londoner Hersteller von Mikroskopen, A. ROSS und HUGH POWELL, für ein binokulares Mikroskop interessieren wollen und hatte seine Versuche nach seinem zweiten Vortrage wiederholt, doch war es ihm auch dann nicht gelungen, ein genügendes Interesse für seine Idee zu erwecken. Er erwähnte ferner die Vorgängerschaft von CHÉRUBIN D'ORLÉANS und hob hervor, daß das von ihm vorgeschlagene Doppelmikroskop einen pseudoskopischen Effekt gegeben haben würde.

Seine eigenen Vorschläge beziehen sich auf die Herstellung von Halbbildern für das Stereoskop auf photographischem Wege, und sie stehen in guter Übereinstimmung mit seinen im Jahre vorher vorgeschlagenen Konvergenzaufnahmen. Er empfahl zwischen den beiden Aufnahmen den Tubus oder, was auf dasselbe herauskäme, das Objekt unter dem ruhig stehenden Mikroskop um den Betrag von 15 Graden um den eingestellten Objektpunkt zu drehen. Namentlich die letzte Vorschrift ist in späterer Zeit mehrfach wiedergefunden worden und hat dann zur Konstruktion der *stereoskopischen Wippe* geführt. Es soll aber auch nicht unerwähnt bleiben, daß sich ein solcher Vorschlag einer stereoskopischen Wippe bereits in einem französischen Ergänzungspatent findet, das J. DUBOSCQ (*3.*) schon vor CH. WHEATSTONES (*4.*) Vortrage nachgesucht hatte. Freilich wurde es erst viel später veröffentlicht.

Es dauerte kaum einen Monat, bis sich der Mann zum Worte meldete, der um die Ausbildung und die Einführung des binokularen Mikroskops ganz besondere Verdienste hat, der Ingenieur F. H. WENHAM (*1.*). Über das System zweier Paare ebener, zueinander paralleler Spiegel, das er für Lupen vorschlug, wird später zu handeln sein, da er es auch vom Mikroskop losgelöst, etwa als *Eikonoskop*, behandelte; jetzt kommt es nicht in Betracht, da es mit dem Vorschlage von J. L. RIDDELL identisch ist.

Für Doppelmikroskope entschied sich F. H. WENHAM nicht, da eine solche Konstruktion nur für schwache Systeme möglich sei, denn bei starken sei kein genügender Objektabstand vorhanden. Bei diesen bekomme man die für die Stereoskopie nötigen beiden Standpunkte, indem man die linke und die rechte Hälfte des Objektivs für sich verwende.

Die RIDDELLsche Prismenkombination lieferte ihm, zwischen Objektiv und Okulare gebracht, ein pseudoskopisches Bild, dieses würde zwar orthoskopisch, wenn man jene Spiegelanordnung über ein monokulares Mikroskop setze, doch ergebe sich dann eine ganz unzulässige Beschränkung des Gesichtsfeldes.

Diesem Übelstande ließ sich abhelfen, wenn er Planspiegel oder Ableseprismen dicht über dem Objektiv in den Strahlengang einschob, so daß die aus den beiden Objektivhälften austretende Strahlung durch je eines der beiden Okulare in das auf derselben Seite befindliche Auge des Beobachters geleitet wurde. Allerdings ergab sich dann wiederum ein pseudomorphes Raumbild.

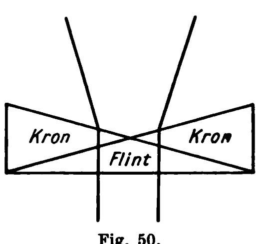


Fig. 50.
F. H. WENHAMS (1.) achromatisches Refraktionsprisma mit pseudomorpher Wirkung.

Ein gleiches Ergebnis erhielt er mit einem brechenden achromatischen Prisma dicht über dem Objektiv (Fig. 50), durch dessen Anwendung die gute Strahlenvereinigung kaum gestört wurde. Man muß dabei berücksichtigen, daß der englische Tubus von 25 cm merklich länger ist als der kontinentale mit etwa 16 cm, so daß die Ablenkung durch dieses Prisma nach jeder Seite nur etwa $7^1/_2$ Grade betrug.

Zur Theorie der WENHAMschen Vorschläge ist nur wenig hinzuzufügen. Man sieht ohne weiteres ein, daß die Umkehrung der Pupillen in den gewöhnlichen Mikroskopokularen auf die chiastopische Augenstellung führen mußte, und daß die in einem Falle gewählte einmalige Spiegelung nicht ausreichte, um die orthopische Stellung herbeizuführen. Die orthopische Wirkung für das über das Okular gesetzte Eikonoskop ist dadurch zu erklären, daß das zusammengesetzte Mikroskop dann als ein einheitlich wirkendes Instrument für die durch das Eikonoskop zusammengerückten Objektaugen benutzt wurde. Die Einführung des brechenden Prismas war jedenfalls eine Bereicherung der optischen Mittel, doch führte es zunächst auch noch auf ein pseudomorphes Bild. Die ganze Behandlungsweise ist noch nicht fehlerlos, aber ein großes Interesse gibt sich schon zu erkennen.

Zufälligerweise am gleichen Tage veröffentlichte J. L. RIDDELL (*2.*) seinen zweiten Vorschlag eines binokularen Mikroskops. Er brachte ein WHEATSTONEsches Pseudoskop dicht über dem Objektiv an, und erhielt nunmehr auch mit den gewöhnlichen Okularen ein orthomorphes Bild (Fig. 51). Er (*3.*) ließ auch sehr bald eine ausführliche Beschreibung folgen, aus der hervorgeht, daß er nunmehr die erste Form als binokulare Lupe, die zweite als zusammengesetztes, binokulares Mikroskop vorschlug. Bei einer solchen Benutzung sind dann beide Instrumente in der Tat orthomorph.

Derselbe Autor (*4.*) trat dann bald nachher noch mit dem Vorschlage auf, mit einem gewöhnlichen Einzelmikroskop stereoskopische Halbbilder, sei es durch Nachzeichnen in der *camera lucida* oder durch Photographie zu erhalten. Seine Methode, bei der er ein Amicisches Reflexionsprisma dicht hinter dem Objektiv mit zwei verschiedenen, um 4—9 Grade unterschiedenen Neigungen verwandte, kommt auf die seitliche Verschiebung des Präparats vor dem feststehenden Objektiv hinaus.

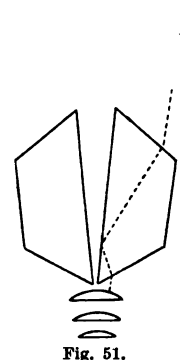


Fig. 51.
J. L. Riddells (*3.*) orthoskopisches Prismensystem.

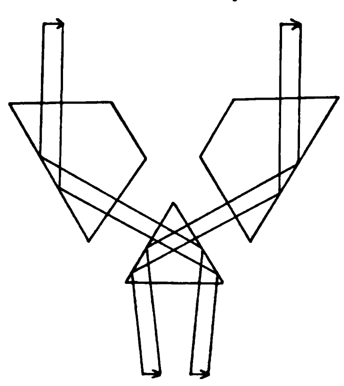


Fig. 52.
A. Nachets (*2.*) orthoskopisches Prismensystem.

Eine von seinen Vorschlägen verschiedene Konstruktion findet sich in dem binokularen Mikroskop von A. Nachet (*1. u. 2.*). Auch dieses Instrument (Fig. 52) ist orthoskopisch, und zwar wird die orthopische Stellung der Objektaugen durch eine Überkreuzung der Strahlenbüschel erreicht, die in dem gleichschenkligen Prisma herbeigeführt wird. Die Anpassung an den Augenabstand des Beobachters wurde durch die Veränderung des Abstandes der seitlichen Prismen ermöglicht. Ein Übelstand dieser Form bestand in der großen Anzahl von Übergängen zwischen Glas und Luft, wie sie durch die einzeln stehenden Prismen bedingt war.

F. H. Wenham (*2.*) kam nun auch noch einmal auf diesen Gegenstand zurück und erhob Einspruch gegen die gar zu rosige Schilderung, die J. L. Riddell bei der Besprechung des stereoskopischen Effekts seines Mikroskops gegeben hatte. Ihm war im Gegensatz dazu die Verschlechterung aufgefallen, die die Bilder der meisten Mikroskopobjektive erkennen ließen, wenn nur eine Objektivhälfte wirksam gemacht wurde. Ein Mittel gegen diesen Übelstand könne er vorderhand noch nicht angeben, doch würde wohl die Einrichtung den Vorzug verdienen, wo nach Art der Doppelbildprismen*) zwei Bilder entworfen würden, die aber zunächst

*) „*If a modification of the double-image prism were to be placed close be-*
„*hind the object-glass having a sufficient separating power to bring the object into*

nur ein zweiäugiges, kein beidäugiges Sehen ermöglichten; man könne dann den stereoskopischen Eindruck dadurch hervorrufen, daß man nach der Trennung die durchgelassenen Büschel an zwei entgegengesetzten Stellen abblende.

Den schon vorher (s. S. 71) zurückgewiesenen Gedanken an ein wirkliches Doppelmikroskop gab er nunmehr endgültig auf, da er nicht zwei Mikroskoptuben auf dasselbe Objekt hatte richten können, wenn sie selbst mit so schwachen Objektiven ausgestattet waren, wie es solche von 4 cm Brennweite sind.

Es ist zweifellos anzuerkennen, mit welchem Scharfsinn hier die Möglichkeiten durchdacht worden waren, ohne zu große Schädigung der Bildgüte zu einem brauchbaren binokularen Mikroskop zu kommen.

Die nächste Äußerung desselben Verfassers (*3.*) stammt auch aus dem Jahre 1854, und sie beschäftigt sich mit mikrophotographischen Aufnahmen für das Stereoskop. Er ging seinen früheren Ansichten entsprechend vor und nahm die beiden Halbbilder nacheinander auf, indem er durch einen einfachen Blendenschieber dicht hinter dem Objektiv zuerst eine und dann die andere Seite des Objektivs abblendete. Bei Objektiven großer Apertur erziele man einen genügenden stereoskopischen Eindruck, wenn man nicht die volle Hälfte, sondern nur etwa ein Drittel der Öffnung abblende. Auf seine weiteren Beobachtungen in dieser Zeit wird zurückzukommen sein, wenn ein später erstatteter Bericht behandelt wird.

Alles in allem ist hervorzuheben, daß die erste Entwicklungsperiode des binokularen Mikroskops keine Folgen von großer praktischer Bedeutung zeitigte. Die einfachste Form dieses Instruments war in Amerika erfunden worden, aber es scheint nicht, als sei es dort in größerer Zahl hergestellt worden. Auch über die Einführung der Nachetschen Form verlautet in der hier benutzten Literatur nichts. Die englischen Formen aber waren pseudoskopisch und hatten sich infolge davon augenscheinlich auch nicht recht verbreitet. Besser durchgearbeitet waren die Methoden für die mikrophotographischen Aufnahmen von Halbbildern für das Stereoskop. Hier hatten anscheinend schon um die Mitte dieses Jahrzehnts Ch. Wheatstone und namentlich F. H. Wenham alle hauptsächlich in Betracht kommenden Methoden erprobt.

Von Bedeutung für die beidäugige Mikroskopie war es jedenfalls, daß sich in F. H. Wenham ein befähigter Amateur gezeigt hatte, der ebensowohl als ausführender Techniker ein Interesse an der Förderung dieser Bestrebungen nahm, als er sich auch in einer sehr bemerkens-

---

„each eye, both images would be alike and would consequently produce binocular „but not stereoscopic vision; but the latter might be obtained by cutting off some „portion of the opposed sides of the separated pencils."

werten Weise mit der theoretischen Seite dieses Problems beschäftigte. Seine Bemühungen sollten erst im nächsten Jahrzehnt Anerkennung finden, dann aber auch für die Einführung der beidäugigen Beobachtung in die mikroskopische Praxis mindestens im englischen Sprachgebiet entscheidend werden.

Die Praxis der stereoskopischen Aufnahmen.

Schon aus dem Früheren ging hervor, daß seit den ersten Versuchen Ch. Wheatstones die Verbreitung der photographischen Verfahren und die Kenntnisse der Photographen und der Camerabauer sehr zugenommen hatten. Photographische Gesellschaften waren, wenn auch vorläufig noch in geringer Zahl, ins Leben getreten, und es lag klar zutage, daß der doppelte Anstoß, den die Popularisierung des Brewsterschen Prismenstereoskops durch J. Duboscq und ferner der neue Vortrag Ch. Wheatstones ausgeübt hatten, die versuchsfrohen Amateure und Photographen Englands zu eifrigem Experimentieren antreiben würde. Bei der glänzenden Leitung der jungen Arbeitsgesellschaften ist man über die Einzelheiten der dort geübten Verfahrungsweisen außerordentlich viel besser unterrichtet als über die etwas älteren Methoden der französischen Fabrikanten, da diese darüber verständlicherweise Schweigen bewahrten.

Eine große Schwierigkeit bot fast allen diesen Arbeitern der Konvergenzwinkel, den sie den Achsen der Cameras bei der Aufnahme zu geben hatten. Es ist ganz verständlich, daß man bei der Aufnahme an eine Analogie mit dem beidäugigen Sehen dachte, allerdings dabei außer acht ließ, daß das Auge im direkten Sehen schlechterdings keine bevorzugte Achsenrichtung kennt, während man bei den photographischen Aufnahmen natürlich sehr damit zu rechnen hat. Die Entwicklung ist dann wohl so vor sich gegangen, daß man, wahrscheinlich beeinflußt durch die Angaben Ch. Wheatstones, ursprünglich stereoskopische Aufnahmen naher Objekte mit geneigten Achsen — gewöhnlich mit einer einzelnen Camera nacheinander — machte, und dann verhältnismäßig bald, vielleicht schon um 1853 gelegentlich Stereoskopcameras mit parallelen Achsen verwandte. Die überaus viel leichtere Benutzbarkeit und Verständlichkeit der zuletzt erwähnten Apparate hat sie dann einen siegreichen Krieg gegen die Methode der Konvergenzaufnahmen führen lassen. Diese kamen verhältnismäßig schnell aus der Mode und wurden, wo sie etwa wieder auftauchten, in der modernen Zeit gänzlicher Verflachung mit einem völligen Mangel an Verständnis angesehen.

Es lag in der Natur der Sache, daß sich, wie schon erwähnt, die ersten Praktiker bei ihren Aufnahmen nur einer Camera bedienten und also schon früh zu dem Aushilfsmittel der Verschiebung griffen. Merkwürdigerweise verwendete aber eine der ältesten uns überkommenen Methoden schon eine Spiegelkombination vor dem Aufnahmeobjektiv,

um die beiden Halbbilder gleichzeitig auf die Platte zu bringen. Diese von F. A. P. BARNARD (*1.*) stammende Methode scheint keinen großen Anklang gefunden zu haben, und es sieht nicht so aus, als wäre sich ihr Erfinder selbst ganz klar darüber gewesen, in welcher Weise er sein

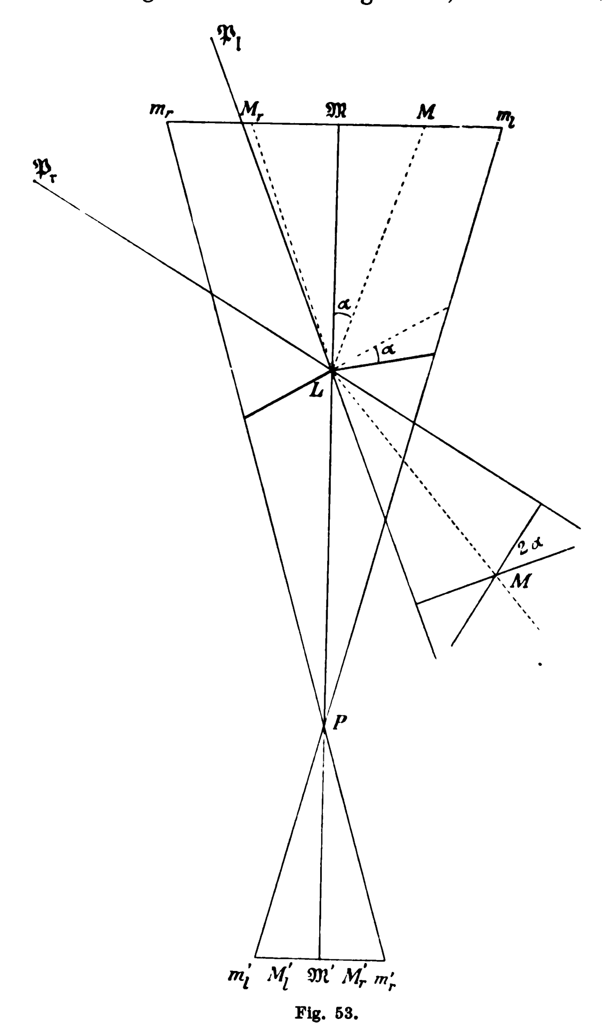


Fig. 53.

Ein Schema für die BARNARDsche Methode der stereoskopischen Aufnahme mit einem Objektiv.

Objektiv benutzte. Er machte nur gelegentlich die Bemerkung, daß die meisten käuflichen Stereogramme eine übertriebene Reliefwahrnehmung vermittelten, die er auf einen zu weiten Abstand der Aufnahmeobjektive zurückführte. Seinem eigenen Verfahren hafte dieser Übelstand nicht an.

Handelt es sich aber darum, zu einem wirklichen Verständnis der BARNARDschen Methode zu kommen, so muß durchaus die Lage der Abbilder und der Projektionszentren im Objektraume festgestellt werden.

Zu diesem Zwecke sei zunächst die Annahme eines eng abgeblendeten Systems gemacht (Fig. 53). Es entsprechen dann der durch die Eintrittspupille P des Objektivs nach der Trennungskante L der beiden Spiegel gezogenen Haupthorizontalen P L im Objektraume zwei gespiegelte Richtungen. Denkt man sich die Einstellung auf eine Entfernung $PL + L\mathfrak{M}$ vorgenommen, wobei $m_r m_l$ die der Plattenbreite entsprechende Abbildbreite nach der Spiegelung ist, so liegen die beiden Abbilder vor der Spiegelung so gekreuzt, daß sie sich unter einem Winkel von 2α schneiden, und die zugehörigen Pupillenmitten liegen in $\mathfrak{P}_r$ und $\mathfrak{P}_l$; von hier aus hat die Konstruktion der beiden Abbilder zu geschehen, die dann nach der Spiegelung und der Wirkung der Linse in der gewählten Verkleinerung auf beiden Seiten $m'_l\mathfrak{M}'$; $\mathfrak{M}'m'_r$ der Platte erscheinen.

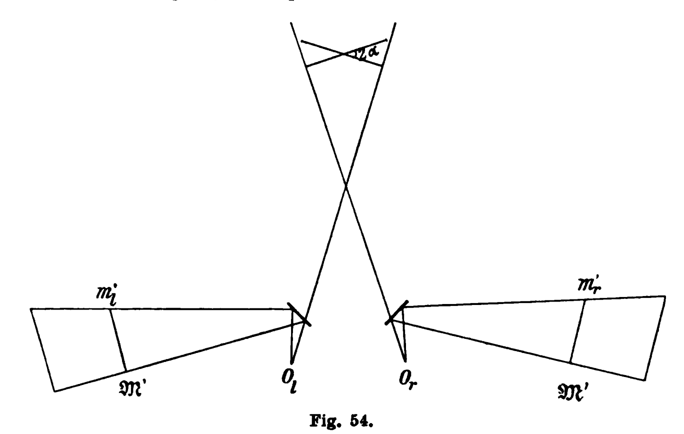


Fig. 54.
Ein WHEATSTONEsches Spiegelstereoskop zur richtigen Betrachtung von Halbbildern, wie sie nach der BARNARDschen Methode erhalten sind.

Eine Betrachtung der Halbbilder in einem gewöhnlichen Stereoskop würde zu groben Heteromorphien führen, da das BARNARDsche Verfahren offenbar den Konvergenzmethoden zuzuzählen ist. Soll ein naturgetreuer Eindruck möglich sein, so muß offenbar der objektseitige Strahlengang mit Hilfe der Abbildskopien nachgeahmt werden. Das ist durch eine Einrichtung nach Art des WHEATSTONEschen Spiegelstereoskops um so leichter möglich (Fig. 54), als dabei die Spiegelverkehrung wieder aufgehoben wird. Übertrifft die Entfernung $\mathfrak{P}_r\mathfrak{P}_l$ den Abstand $O_l O_r$ der Augenzentren des Beobachters, so liegen die geometrischen Bedingungen dafür vor, daß das Objekt in einer entsprechenden Verkleinerung wahrgenommen wird.

In dem einzelnen Halbbilde wird die Lichtverteilung nicht gleich-

mäßig sein, weil in unmittelbarer Nähe der Mittellinie nur je eine Hälfte des Objektivs wirksam wird. Erst gegen den Plattenrand hin tritt die natürliche Helligkeit wieder ein.

Große Popularität errang sich die von dem Ingenieur L. CLARK (*1.*) [* 22. März 1822, † 29. Okt. 1898] beschriebene Einrichtung, bei der die Einzelcamera zwischen den beiden Aufnahmen so verschoben wurde, daß ihre Achse auf denselben Objektpunkt gerichtet blieb. Er benutzte dazu eine Führung, die einem Parallellineal ähnlich sah und bei Landschaftsaufnahmen in der Tat zu einem solchen wurde. Da er gleichzeitig automatisch die Platte in der gleichen Richtung wie die Camera verschob, so kam auf dem Negativ das rechte Halbbild links vom linken zu liegen, und er war der Unbequemlichkeit überhoben, bei der Betrachtung des Positivs die beiden Halbbilder miteinander zu vertauschen. Bei ihm findet sich eine deutliche, allerdings selten beachtete Mahnung, den Abstand der Eintrittspupillen für die beiden Halbbilder nicht über den der Augenpupillen hinaus zu steigern.

Eine der ersten Einrichtungen hat aber schon zwei Cameras umfaßt, die nämlich, die A. F. J. CLAUDET (*1.*) im Herbst von 1852 in Belfast vorführte. Wie sich dazuaus einem Artikel F. MOIGNOS (*3.*) entnehmen läßt, waren die beiden Cameras an den Schenkeln eines horizontalen Winkels, der seine Spitze dem Objekt zukehrte, um vertikale Achsen drehbar angebracht und vermochten daher auf die verschiedensten Konvergenzwinkel eingestellt zu werden. Ein optisches Hilfsinstrument, *Stereomonoskop* *) genannt, diente zur Ausrichtung der beiden Cameras. In späteren Publikationen hat A. CLAUDET (*4.*) schließlich als *Stereoskopeometer* ein Nomogramm angegeben, aus dem man sofort den Abstand der beiden Objektive entnehmen konnte, wenn man bei einem vorgeschriebenen Objektabstande eine bestimmte Konvergenz erzielen wollte.

Der tüchtige Pariser Optiker CH. CHEVALIER (*1.*) gab noch 1859 eine Anweisung heraus, die den beiden eben erwähnten Verfahren nahesteht. Er verwandte auch für Porträtaufnahmen im Atelier nur eine Camera, die auf einer zweckmäßig vorgerichteten Unterlage verschoben wurde, doch ließ er unter allen Umständen die beiden Achsenrichtungen einen Winkel von 15 Graden miteinander bilden. Bei weiten Objektabständen kam er dann zu sehr beträchtlichen Trennungen der Objektive.

Etwa gleichzeitig mit den Bemühungen A. CLAUDETS sind die Arbeiten des Pariser Optikers A. M. QUINET, der von dem Rechenmeister M. A. GAUDIN (*1.*) beeinflußt worden zu sein scheint. Es sieht so aus, als habe es sich bei diesem Aufnahmeapparat um die Erzielung homöomorpher Aufnahmen gehandelt, und zwar waren anscheinend bei den

---

*) Es ist von dem später unter dem gleichen Namen veröffentlichten Stereoskopapparat desselben Erfinders zu unterscheiden.

zur Aufnahme verwendeten Doppelobjektiven die dem Objekt zugekehrten Systemteile nicht vollständige Linsen sondern, der optischen Ausrüstung der BREWSTERschen Prismenstereoskope entsprechend, Linsenhälften.

Das ursprüngliche Arrangement von L. CLARK erfuhr durch S. CARTWRIGHT (*1.*) kleine Änderungen, und zwar ist aus der Mitteilung auch die Angabe des Formats der Halbbilder von 7,6 : 8,3 cm von Interesse, da es schon fast die lange Zeit in England kanonischen Maße von 8,2 : 8,2 cm aufweist. Die Arbeitsvorschriften dieses Autors sind sehr klar und zweckmäßig, und auch hier findet sich die für jene Zeit charakteristische Warnung vor einer übertriebenen Vergrößerung des Objektivabstandes.

Aber trotz all der Erfindertätigkeit, die so reichlich für die Konvergenzaufnahmen angewendet wurde, blieb dieses Verfahren doch ziemlich umständlich und vor allem langsam, so daß Momentaufnahmen ausgeschlossen waren. Es kann daher nicht wundernehmen, wenn die viel bequemere Methode mit parallel montierten Objektiven schon verhältnismäßig früh auftauchte und schließlich siegreich blieb. An verschiedenen Stellen der englischen Fachliteratur findet sich die Behauptung, der erfindungsreiche Mechaniker J. B. DANCER aus Manchester sei 1853 der erste gewesen, der die eigentliche Stereoskopcamera mit parallelen Achsen konstruiert habe. Das kann sehr wohl so gewesen sein, wenngleich in dem hier benutzten Material nur eine Bemerkung von ihm (*1.*) aus dem Jahre 1856 vorliegt. Jedenfalls tauchte die Idee um diese Zeit auf. So schlug im Frühling des Jahres 1855 der Abbé . . DESPRATS (*1.*) eine solche Camera mit parallelen Achsen und einem Objektivabstande von 6 cm vor, während ihm der junge D. VAN MONCKHOVEN in seiner oberflächlich glatten Art zugunsten von Konvergenzaufnahmen widersprach. Auch in England berichtete im Herbst desselben Jahres G. R. BERRY (*1.*) von seinen erfolgreichen Versuchen, mit einem solchen Apparat stereoskopische Momentaufnahmen anzufertigen. Aus seiner Beschreibung bekommt man einen guten Eindruck von der tatkräftigen, durch keine theoretischen Überlegungen zurückgehaltenen Art der damaligen englischen Amateure, die sicherlich zur Zeit der ersten Entdeckungen ihre Vorteile hatte.

Eine größere Bedeutung für das Problem, durch Stereoskopaufnahmen einen naturgetreuen Eindruck zu vermitteln, kam um diese Zeit Sir DAVID BREWSTER zu. Er war sicherlich einer theoretischen Erörterung dieser Frage besser gewachsen als die große Mehrzahl der Amateure, die ihn an praktischer Erfahrung auf dem Gebiete der Photographie übertrafen. Er (*15. 159, 165.*) hob sehr deutlich hervor, daß es für diesen Zweck wesentlich sei, daß das Halbbild dem betrachtenden Auge unter den gleichen Winkeln erscheine wie der Gegenstand dem Aufnahmeobjektiv, und er schlug daher vor, die Brennweiten der Aufnahme- und

der Betrachtungssysteme gleich zu wählen. Eine gewisse Erschwerung für eine ganz klare Erkenntnis bereiteten ihm seine vorgefaßten Meinungen, an denen er bei seinem hohen Alter mit großer Zähigkeit festhielt. Einmal sollten die Aufnahmeobjektive durchaus nur einen Öffnungsdurchmesser*) von etwa 5 mm haben, um in dieser Hinsicht mit der Pupillenöffnung vergleichbar zu sein. Da nun zu jener Zeit ziemlich lange Brennweiten üblich waren, so führte diese Vorschrift zu außerordentlich kleinen Öffnungsverhältnissen und langen Expositionszeiten, wogegen die ausübenden Photographen mit Recht Einspruch erhoben. Das von ihm dagegen vorgeschlagene Mittel, kleine, dünne Linsen aus lichtdurchlässigem Material (Bergkristall) zu verwenden, wurde im allgemeinen auch nicht angenommen, wenn auch A. Claudet in seinen letzten Lebenstagen einige Versuche in dieser Richtung anstellte. Es würde tatsächlich auch den Verzicht auf die Errungenschaften der rechnenden Optik bedeutet haben. Der andere gefährliche Punkt war durch seine Vorliebe für die Prismenwirkung exzentrisch benutzter Linsen gegeben. So schlug er (*15. 146.*) für die Aufnahme die Benutzung von Halblinsen oder der Randteile einer großen Linse vor, doch fehlt bei ihm die Kundgebung der Korrektionsidee, die von A. Claudet (*8.*) so deutlich ausgesprochen wurde. Es ist ganz verständlich, daß er unter diesen Umständen kein Verfechter der Parallelcamera war, auf die der Strom der Zeit schon damals deutlich gerichtet war.

Man wird sich wohl die Vorstellung bilden müssen, daß nach der Mitte der fünfziger Jahre Stereoskopcameras in immer größeren Mengen hergestellt wurden und in Gebrauch kamen, daß aber die alte Konvergenzmethode noch längere Jahre daneben bestand und namentlich von älteren Amateuren benutzt wurde. Außerdem aber sorgten solche Leistungen wie die später zu besprechenden astronomischen Stereogramme von W. de la Rue, auf die die Nation mit Recht stolz war, dafür, daß die Konvergenzaufnahmen damals noch nicht in Vergessenheit gerieten.

Noch ein anderer Vorschlag für die stereoskopischen Aufnahmen geht auf Sir David Brewster zurück, der später von sehr großer Bedeutung werden sollte. Er benutzte die unterbrochene Abbildung, wie sie durch die Photographie ermöglicht wird, um für das beidäugige Sehen zwei Räume einander durchdringen zu lassen, und zwar beab-

*) Ihm hatten nämlich die Zerstreuungsfiguren mißfallen, die bei jeder photographischen Aufnahme eines Objektreliefs auftreten müssen, weil die Projektion mittels endlich geöffneter Büschel erhalten wird. Es liegt in der Natur der Sache, daß dann Objektpunkte, die für das perspektivische Zentrum unsichtbar (verdeckt) sind, dennoch durch Teile der Zerstreuungskreise in der Einstellungsebene sichtbar gemacht werden können. Das wird um so eher geschehen, je größer die Öffnung der abbildenden Büschel ist. So ist es zu verstehen, daß er Aufnahmen mit Objektiven von besonders großem Linsendurchmesser als vornehmlich störend empfand.

sichtigte er, hauptsächlich der Unterhaltung zu dienen, also etwa Scherzbilder oder Geistererscheinungen vorzuführen. Zwei Methoden gab er dafür an, entweder (*15.* *205.*) stereoskopische Aufnahmen nacheinander auf die nicht vollständig ausexponierte Platte zu machen, oder (*15.* *206.*) zwei Diapositiv-Stereogramme dicht übereinander zu legen. Dabei könnte man noch das eine über das andere hinwegschieben und dadurch merkwürdige Erscheinungen hervorrufen. An die Anwendung dieser sehr wichtigen Idee auf ein stereoskopisches Meßverfahren scheint Sir DAVID BREWSTER nicht gedacht zu haben.

Die stereoskopischen Betrachtungsapparate.

Die Erfindertätigkeit auf diesem Gebiete ist verständlicherweise noch reger als auf dem soeben verlassenen. Es ist auch ausgeschlossen, daß man etwa alle Patentangaben übernimmt; vielmehr ist bei dieser Auswahl hier versucht worden, im wesentlichen das Neue hervorzuheben. Die Konstrukteure sind auch zum Teil dieselben Leute, die schon bei den Aufnahmemethoden aufgetreten sind.

Sehr bald nach dem großen Vortrage CH. WHEATSTONES schlug Sir DAVID BREWSTER (*11.*), wie er (*15.* *123.*) wiederholte, ein aus zwei astronomischen Fernrohren geringer Vergrößerung zusammengesetztes Instrument als Pseudoskop, oder, wie er es nannte, als *Kameoskop (binocular cameoscope)* vor. Er hat es dann vier Jahre später als Stereoskop *(opera-glass stereoscope)* beschrieben und darauf hingewiesen, daß sich eine Umkehrung der Tiefenanordnung ergibt, wenn man von der Stellung, wo rechtes und linkes Fernrohr auf die gleichnamigen Halbbilder gerichtet sind, zu der gekreuzten Stellung der Fernrohrachsen übergeht. Daß dieser Effekt eintreten muß, folgt ohne weiteres aus den Bemerkungen auf S. 13, wo von der Wirkung der Vertauschung der Halbbilder die Rede war.

Als ein Vertreter der strebsamen Fachleute erschien in erster Linie A. CLAUDET (*2.*), der sich bereits 1853 ein wohl hauptsächlich für Daguerreotypien bestimmtes Stereoskop schützen ließ. Es war mit ebenen Spiegeln versehen, um die Spiegelverkehrung in den Halbbildern aufzuheben, die sich bei diesem Verfahren zeigen mußte, wenn man die Aufnahme nicht mit einem besonderen Planspiegel machte. Auch zeigte sich bei diesem Patent die nahe Verbindung, in die man, für die damalige Zeit allerdings noch ganz erfolglos, stereoskopische und Reihenaufnahmen zu bringen suchte.

Bald darauf stößt man auf eine Mitteilung von W. HARDIE (*1.*), einem Druckereibesitzer in Edinburgh, der als ein erfolgreicher Amateur noch häufiger auftreten wird. Er beschrieb offenbar durch CH. WHEATSTONES große Arbeit angeregt, aber unglücklicherweise seine Bezeichnung

nicht genau beibehaltend, zwei verschiedene Kombinationen ebener Spiegel unter dem Namen eines neuen Pseudoskops. Dabei war, auf physische Objekte angewandt, nur die erste Zusammenstellung ein Pseudoskop im Sinne CH. WHEATSTONES, während die zweite eine Spiegelkombination darstellte, die später unter der Bezeichnung des Telestereoskops bekannt und mit dem Namen von H. HELMHOLTZ verbunden wurde. Sein Pseudoskop zeigte nach Fig. 55 zwei Formen, je nachdem es sich um eine doppelte oder um eine dreifache Spiegelung an ebenen Spiegeln handelte. Es ist dabei sehr interessant, zu verfolgen, wie im ersten Falle die chiastopische Stellung der Objektaugen durch eine einfache Verlagerung, im zweiten Falle durch eine ebenfalls einfache Spiegelverkehrung herbeigeführt wurde. W. HARDIE scheint auch sein Telestereoskop meistens auf ganz nahe Gegenstände angewandt zu haben und

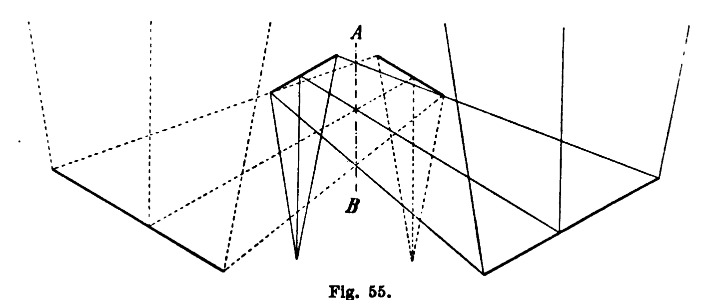


Fig. 55.
W. HARDIES Pseudoskop nach M. VON ROHR (*7. 414.*).
Das Instrument kann sowohl, wie hier angenommen, ohne den ebenen Doppelspiegel A B verwandt werden als auch mit ihm. In dem letzten Falle wird jedes Hauptstrahlenbüschel dreimal gespiegelt.

durch den Widerspruch getäuscht worden zu sein, in dem hier die Elemente der Erfahrung zu denen der Tiefenwahrnehmung stehen, und der viele Beobachter zu der durchaus ungegründeten Annahme einer heteromorphen Abbildung geführt hat. Eine klare Theorie der letzten Form seines Instruments findet sich an dieser Stelle jedenfalls nicht, doch mag gleich hier bemerkt werden, daß er (*3.*) bereits zu dieser Zeit an eine Verbindung seines Instruments mit zwei vergrößernden Fernrohren gedacht hat, um eine gesteigerte Tiefenwahrnehmung herbeizuführen. Daß diese schöne Idee nicht praktisch verwirklicht wurde, lag nicht an ihm. Der Edinburgher Optiker . . ADIE, an den er sich wegen der Ausführung gewandt hatte, sah die Bedeutung des neuen Instruments nicht ein, und so unterblieb damals die Herstellung. Daß seine beiden Instrumente auch als Stereoskope Verwendung finden könnten, hob übrigens W. HARDIE ausdrücklich hervor.

Der Mathematiklehrer W. ROLLMANN (*1.*) veröffentlichte, wohl durch H. W. DOVES Arbeiten angeregt, 1853 eine kleine Notiz über eine ihm bequem erscheinende Methode, Stereogramme mit paralleler Richtung

er Augenachsen zu betrachten. Er brachte seinen Kopf in die richtige
tellung vor das Stereogramm und zog mit den Fingern die beiden
ugen auseinander. Eine Ähnlichkeit mit Brewsterschen (s. S. 54) und
oveschen (s. S. 61) Methoden zeigten die beiden Stereoskope, die er
2.) noch in demselben Jahre veröffentlicht hat. Die erste erforderte
ie doppelt ausgeführte Zeichnung eines symmetrischen Körpers; von
iesen beiden identischen Halbbildern wurde das eine direkt wahrge-
ommen, während das Spiegelbild des andern, wie es in einem in die
edianebene gebrachten ebenen Spiegel erschien, das andere Halbbild
bgab. Bei einem Doppelspiegel erhielt W. Rollmann auf diese Weise
leichzeitig auch das invertierte Modell. Eine große Eleganz wird man
ieser einfachen Methode nicht absprechen können. Die zweite Methode
ührte auf ein Farbensteroskop. Die zusammengehörigen Halbbilder
vurden, sich gegenseitig durchschneidend, mit zwei verschiedenen Farben
uf einen weißen Grund gezeichnet. Vor jedes der beiden Augen wurde
un ein Farbglas gehalten, das die Farbe des zugehörigen Bildes ab-
orbierte, die des andern ungehindert durchließ. Das Resultat war ein
Körper mit schwarzen Konturen auf einen Hintergrunde, dessen Farbe
lurch die Janinsche Mischfarbe der beiden Absorptionsgläser ge-
geben war. W. Rollmann hatte die Zeichnung blau und gelb ausgeführt
ınd rote und blaue Absorptionsgläser gewählt. Daß durch die Ver-
auschung der Gläser eine Umwandlung des Reliefs hervorgebracht wurde,
ıob er ausdrücklich hervor. Die dieser Erscheinung zugrunde liegende
Theorie ergibt sich ohne Schwierigkeit aus den allgemeinen Überlegungen
ıuf S. 18 und 19.

Unmittelbar nach dem Hardieschen Artikel hielt der Londoner Ingenieur F. W. Wenham (*1.*) vor der dortigen Gesellschaft zur Pflege der Mikroskopie einen interessanten Vortrag, der, soweit es sich um die verschiedenen Formen des Doppelmikroskops handelte, bereits auf S. 71 besprochen worden ist. Im Anfange seines Vortrages gab er aber, wie dort schon erwähnt, an, daß man das Paar rhombischer Prismen dazu benutzen könne, um mit beiden Augen durch eine Linse verhältnismäßig kleinen Durchmessers wie durch ein Leseglas hindurchzusehen. Er leistete diese scheinbare Zusammenrückung der Augen daneben auch durch eine der Hardieschen ähnliche Spiegelanordnung. Dabei hob er die stark abflachende Wirkung einer solchen Einrichtung hervor, die durch die Verminderung der stereoskopischen Parallaxe zu erklären ist. Man kann das von seinem Erfinder nicht näher bezeichnete Instrument nach dem Vorgange von E. Javal (*1.*) als Eikonoskop einführen. Auf seine gleichzeitig angestellten Versuche mit dem umgekehrt die Parallaxe steigernden Instrument, also der von W. Hardie als ein Pseudoskop beschriebenen Vorkehrung, kam er, wohl mit Rücksicht auf seinen Zuhörerkreis, nicht zu sprechen.

Die nächsten Stereoskope scheinen mehr den Bedürfnissen der Praxis zu dienen; sie haben alle größere Linsen und zum Teil das Eigentümliche, daß in ihnen die Verzeichnung des BREWSTERschen Prismenstereoskops dadurch bekämpft werden soll, daß nur die Mitten der Linsen, mindestens nicht ihre äußersten Randteile benutzt werden. Dahin gehören die Vorschläge von G. KNIGHT (*1.*) sowie A. CLAUDET (*6.*) und E. E. SCOTT (*1.*). Bei A. CLAUDET findet sich wohl zuerst der Vorschlag, die Begrenzung der Halbbilder so zu wählen, daß sich ein Rahmen ergibt, der vor den Bildern erscheint und so eine Erhöhung der Illusion herbeiführt. Auch wählte er die Durchmesser seiner vollständigen Linsen größer, als es sonst üblich war, um Beobachtern mit sehr verschiedenen Augenabständen die Vereinigung zu erleichtern. Er näherte sich also mit seinem Vorschlag schon in einem gewissen Grade dem auf CH. WHEATSTONE zurückzuführenden Linsenstereoskop (s. S. 67). Ziemlich die gleichen Absichten wie A. CLAUDET scheint — nach den vorliegenden Äußerungen G. SHADBOLTS (*1.*) zu urteilen — etwas später E. E. SCOTT verfolgt zu haben.

Wendet man sich schließlich zu der Besprechung der letzten Stereoskope, deren Beschreibung auf Sir DAVID BREWSTER zurückzuführen ist, so kommen keine besonders wichtigen Formen mehr in Betracht.

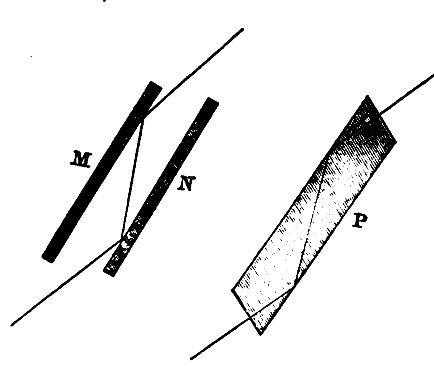


Fig. 56.
Sir DAVID BREWSTERS (*15. 110.*) Stereoskopeinrichtungen mit doppelter Spiegelung.

Das Stereoskop mit einfacher Reflexion *(the single reflecting stereoscope)* wurde von ihm (*15. 110.*) so umgestaltet, daß es auch für die Betrachtung von gewöhnlichen Stereogrammen zu benutzen war (Fig. 56). Und zwar wurde das durch die Seitenversetzung ermöglicht, die mittels der beiden Reflexionen herbeigeführt wurde.

Das Stereoskop mit nur einem brechenden Prisma (s. S. 55) erhielt etwa als Taschenstereoskop eine neue Form *(the eye-glass stereoscope)* (*15. 124.*), und zwar wurde durch die Verschiebung einer Konkav- gegen eine Konvexlinse bei B ein brechendes Prisma mit variablem Winkel erzeugt (Fig. 57), so daß man damit auch Stereogramme betrachten konnte, deren Halbbilder sehr weit voneinander abstanden. Es sei zweckmäßig, für den sammelnden Bestandteil nur eine Halb- oder eine Viertellinse zu verwenden.

Im Leseglasstereoskop *(the reading-glass stereoscope)* (*15. 125.*) empfahl er, durch ein dicht vor das Gesicht gehaltenes Leseglas von

großem Durchmesser (7—$11^1/_2$ cm) mit gekreuzten Blickrichtungen gekreuzt angeordnete Halbbilder zu betrachten.

Seine Beschreibung (*15. 126.*), wie die auf der Mattscheibe oder in der Luft entstehenden Bilder einer photographischen Doppelcamera unter einem Brewsterschen Prismenstereoskop stereoskopisch gesehen werden könnten *(the camera stereoscope)*, erscheint nicht bloß undeutlich sondern sogar unrichtig, weil man nicht einsieht, wie bei einer solchen Anordnung ein pseudoskopischer Effekt hätte vermieden werden können, auf den bereits Ch. Wheatstone (s. S. 67) deutlich hingewiesen hatte. Richtig ist jedenfalls sein letzter Vorschlag, wonach man hier bei der Benutzung des Fernrohrstereoskops (s. S. 81) zu einem korrekten Raumbilde komme. Es muß aber hinzugefügt werden, daß dann die Form mit den gleichgerichteten Fernrohrachsen zu wählen ist.

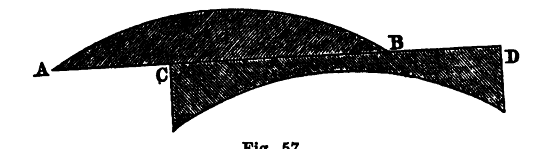


Fig. 57.
Sir David Brewsters (*15. 124.*) Taschenstereoskop.

Von den vorher genannten drei Erfindern in der Praxis verwendeter Stereoskopformen verdient A. Claudet nicht nur wegen seines damals unvergleichlich höheren Ansehens die hauptsächlichste Beachtung, sondern auch deswegen, weil ihn das vorliegende Problem ganz besonders beschäftigte und zu bemerkenswerten Leistungen anspornte. So machte er (*8.*) 1856 den Vorschlag, dem gewöhnlichen Brewsterschen Prismenstereoskop solche verzerrten Bilder darzubieten, daß sie durch die Prismenwirkung gerade richtig würden. Dies sollte dadurch geschehen, daß man die Stereogramme mit großen Objektiven anfertigte, die bis auf geeignet gewählte Randteile abgeblendet seien. Er (*7.*) gab etwa um dieselbe Zeit seiner Verwunderung darüber Ausdruck, daß das Interesse in Frankreich schon so sehr nachgelassen habe. Als Grund dafür kann man wohl heute anführen, daß die Entwicklung der photographischen Vereine und des gesamten Amateurwesens in Frankreich nicht entfernt mit der glänzenden Entwicklung in England Schritt gehalten hatte.

Der Vorschlag von H. Faye (*1.*), die Vereinigung der im Augenabstande aufgeklebten Halbbilder durch einen Blendschirm zu erleichtern, der einfach zwei Löcher mit einem Durchmesser von 5 mm im Augenabstande enthalte und dicht vor die Augen zu bringen sei, verdiente trotz seines illustren Publikationsorgans kaum eine Erwähnung, hätte er nicht den Anlaß zum Ausbruche des offenen Streites zwischen Sir David Brewster und Ch. Wheatstone gegeben. Er wirkte auf J. J. Oppel ein

und führte ihn zur Konstruktion seines einfachen, linsenlosen Stereoskops. Darauf wird noch später hinzuweisen sein, wenn die damit erhaltenen Resultate einer Besprechung unterzogen werden sollen.

Auf die Bestrebungen von W. HARDIE und F. H. WENHAM zurück führte eine wichtige Veröffentlichung des berühmten Physikers W. CROOKES (*1.*). Er nahm damals ein solches Interesse an der Amateurphotographie, daß er eine Zeitlang wichtige photographische Zeitschriften, wie das Organ der Londoner Photographischen Gesellschaft und außerdem das Fachblatt *The Photographic News*, selbst redigierte. Er schlug vor, den natürlichen Augenabstand zu steigern, um eine erhöhte Tiefenwirkung zu erhalten. Zu diesem Zwecke sollten Aufnahmen mit zwei parallel gerichteten Cameras gemacht werden, die, wenn eine a-fache Tiefenvergrößerung gefordert wäre, um $a \times 63{,}5$ mm voneinander zu entfernen seien. Bei einer 40fachen Tiefensteigerung müßten die beiden Objektive also eine Entfernung von 25,4 m voneinander haben. Gegen den Schluß

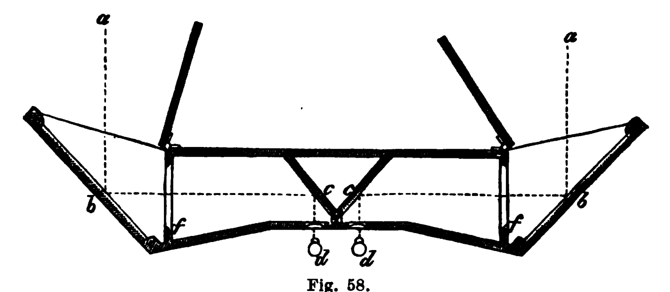


Fig. 58.
Das Telestereoskop ohne Fernrohrvergrößerung nach H. HELMHOLTZ (*1.*).

des Artikels findet sich die Bemerkung, daß für das gewöhnliche Stereoskop mit den beiden Halbbildern in einer und derselben Ebene die beiden Aufnahmeobjektive durchaus parallele Achsen haben müßten, da Konvergenzbilder auch eine Neigung der beiden Halbbilder im Stereoskop erforderten, wenn der Eindruck nicht geändert werden solle.

Der von Sir DAVID BREWSTER so stark in den Vordergrund geschobene J. ELLIOT (*2.*) versuchte sich in dieser Zeit mit einer neuen Erfindung und brachte zwei Schielstereoskope heraus, deren eines ohne optische Teile war und nur das Zustandekommen der Nebenbilder verhinderte, während das andere zwei gekreuzte Fernrohre auf die beiden Halbbilder richtete, wie das ähnlich von Sir DAVID BREWSTER einige Jahre vorher (s. S. 81) vorgeschlagen worden war. Die beschämende Mitteilung, daß er auch hier wieder offene Türen eingerannt habe, mußte der Pechvogel bald darauf machen; doch scheint er für seine zweite Nacherfindung keine solchen Lobsprüche von Sir DAVID BREWSTER geerntet zu haben wie für die erste.

Sehr bald nach der Veröffentlichung des Artikels von W. CROOKES

hielt H. HELMHOLTZ (*1.*) bei einer Junisitzung des niederrheinischen Vereins für Natur- und Heilkunde einen Vortrag, in dem er sein *Telestereoskop* veröffentlichte (Fig. 58). Er hob hervor, daß das Instrument mit der Wirkung des Stereoskops verwandt sei, und brachte gleich zwei Formen heraus. Davon war die eine, der HARDIEschen und der WENHAMschen Einrichtung entsprechend, ohne Linsen, während die andere mit zwei vergrößernden Fernrohren von terrestrischem Typus ausgestattet war. Die Bildung eines Doppelsystems aus solchen Instrumenten als Elementen überhaupt war nicht neu, hatte darauf doch P. G. BARDOU (s. S. 37) bereits 1854 ein französisches Patent genommen, doch handelte es sich hier um die Einschaltung eines solchen BARDOUschen Doppelfernrohrs in das einfache Telestereoskop.

Was nun die Benutzung dieses nicht vergrößernden Telestereoskops angeht, so muß H. HELMHOLTZ ein ganz eigentümlich sicheres Vermögen der Raumanschauung gehabt haben, da er bei seiner Anwendung dieses Instruments auf nahe Gegenstände keinerlei Mißverhältnisse bemerkte, ja menschliche Figuren sogar als „zierlich“ beschrieb.

Bei der Diskussion des Telestereoskops mit der Fernrohrvergrößerung hob er hervor, daß durch die Auseinanderrückung der Fernrohre der Fehler der Porrhallaxie durchaus nicht gehoben werde, sondern daß dadurch nur eine gleichmäßige Verkleinerung des porrhallaktisch modifizierten Bildes eintrete. Dagegen sei es möglich, für einzelne Gegenstände in bestimmter Entfernung ein richtiges Relief zu erhalten, wenn man der abflachenden Fernrohrwirkung durch eine Neigungsänderung der äußeren Spiegel das Gleichgewicht halte.

Es ist ein vollkommenes Rätsel, warum H. HELMHOLTZ diese musterhaft klare und richtige Darstellung nicht in sein Handbuch der physiologischen Optik übernahm. Es wird aber dort (*2. 681/82.*) auch nicht einmal eine Andeutung gemacht, warum sie weggefallen sei. Sie läßt sich allerdings mit einem häufig zitierten Satze*) des Handbuchs nicht in Übereinstimmung bringen. Das ist um so bedauerlicher, als dieser Satz bei dem Mangel einer Erklärung über jenes Wegfallen entsprechend der Gründlichkeit der Physiker in historischen Fragen als das HELMHOLTZische Kriterium für die Orthomorphie bekannt geworden ist und durch die überaus häufige Wiederholung fast dasselbe Gewicht erhalten zu haben scheint, das ihm beiwohnen würde, wenn er richtig wäre. Wie weiter unten gezeigt werden wird, wurde diese sog. HELMHOLTZische Regel zum ersten Male sogar schon 1853 von A. CLAUDET (*4.*) ausgesprochen, und bei der gleichen Gelegenheit schlug derselbe Autor ein

*) Dieser Satz lautet: „Da die Vergrößerung auch eine sechzehnmalige „ist, so ist die Wirkung des Instruments die, als sähe man das Objekt mit un„bewaffneten Augen aus einer sechzehnmal kleineren Entfernung, als man es wirk„lich sieht.“

mit holländischen Fernrohren vierfacher Vergrößerung ausgestattetes Telestereoskop mit einem Objektivabstande von 25 cm vor.

Die Veröffentlichung aus der Feder von H. Helmholtz machte zu einer Zeit, wo das Interesse der wissenschaftlichen Welt am Stereoskop eben erst abzuebben begann, einen ganz außerordentlichen Eindruck auf die weitesten Kreise der Physiker, und es kann kein Wunder nehmen, daß sich auch W. Hardie und F. H. Wenham zum Wort meldeten. Daß der Erstgenannte (*3.*) in dem Besitze dieses Instruments gewesen sei, ist ebenso sicher, wie der Umstand, daß er die Theorie davon nicht verstanden hatte; nahm er sie doch nicht einmal jetzt an. Man muß aber den ersten Teil der Behauptung noch durch die Angabe ergänzen, daß W. Hardie unmittelbar nach seiner ersten Publikation vom Jahre 1853 den Edinburgher Optiker . . Adie — allerdings vergeblich — zu veranlassen gesucht hatte (s. S. 82), ein Telestereoskop mit Fernrohrwirkung zu konstruieren, wobei das Fernrohrsystem durch ein holländisches Opernglas geliefert werden sollte.

Was F. H. Wenham angeht, so hatte er, wie schon auf S. 83 erwähnt wurde, zwar den umgekehrten Apparat veröffentlicht, doch damals jeden Hinweis auf das Telestereoskop unterlassen. Aber in seiner Äußerung (*4.*) zu dem Helmholtzischen Aufsatze teilte er mit, daß er schon seit den ersten Tagen des Jahres 1853 im Besitze des Telestereoskops gewesen sei, und daß er versucht habe, auf Grund der Tiefenänderung, die durch eine Neigungsänderung der äußeren Spiegel herbeigeführt werde, einen Entfernungsmesser zu konstruieren, dessen Zeigerablesung bis zu einer Grenze von etwa 900 m hätte reichen sollen. Es ist wohl anzunehmen, daß das Bewußtsein von der richtigen Tiefenausdehnung nur bei ganz bestimmten Objekten sicher genug ist, um eine genaue Entfernungsmessung zu ermöglichen; und nähere Angaben sind an jener Stelle nicht gemacht worden. Wenn sich nun F. H. Wenham, was man bei einem so geschickten Konstrukteur annehmen kann, vor jenem Vortrage vom Jahre 1853 nicht bloß auf die Untersuchung des umgekehrten Systems beschränkt haben wird, so steht doch fest, daß er es nicht rechtzeitig veröffentlicht hat, und besonders daß aus seiner Feder keine Theorie stammt, die, soweit das hier berücksichtigte Material erschöpfend ist, allein auf H. Helmholtz zurückgeht. Wenn in einer photographischen Zeitschrift jener Zeit die Ansprüche F. H. Wenhams von einem seiner Bekannten etwas gereizt verfochten werden, so ist eben darauf hinzuweisen, daß die Priorität nach dem Datum der Veröffentlichung und nicht nach Hinweisen auf frühere Leistungen zu entscheiden ist, die in späteren Reklamationen gemacht werden, und daß man den Erfinder, dessen *bona fides* hier unanfechtbar ist, nur bedauern kann, seine interessanten Konstruktionen so lange zurückgehalten zu haben, bis ihm ein anderer zuvorkam.

Um wieder zur Konstruktion der Stereoskope zurückzukommen, sei erwähnt, daß W. HARDIE (*2.*) gegen den Ausgang des Jahres 1857 ein Spiegelstereoskop für größere Bildformate, namentlich größere Bildbreiten vorschlug, wobei die Halbbilder übereinander angeordnet wurden. Dabei gebührt zwar J. DUBOSCQ (s. S. 63) die Priorität, aber die spätere Arbeit ist hier doch erwähnt worden, weil die Durcharbeitung der einzelnen Teile des Apparats mit besonderem Verständnis geleistet worden ist.

An dieser Stelle mag auch der gleichzeitigen Erfindung des Parisers J. B. DONAS (*1.*) noch gedacht werden, der sich ein *Physioskop* schützen ließ. Es war im wesentlichen ein Stereoskop, bei dem das vorzüglich als Diapositiv gedachte Stereogramm ungefähr in Augenhöhe eingeschoben und in einem Spiegel am Boden des Instruments beobachtet wurde. Es mag sein, daß die größere Tiefenwirkung des Vordergrundes, die mit einer solchen Verkleinerung der Gesichtswinkel verbunden ist, den Erfinder auf jenen Namen gebracht hat, es ist aber auch möglich, daß er ihn durch die Ergänzung begründete, die er seiner Beschreibung gab. Um auch Einzelbilder im Relief zu sehen, wandte er nämlich an Stelle des einfachen Bodenspiegels zwei solcher an, die in einem Winkel zusammenstießen.*) Man sieht leicht ein, daß hier im Prinzip dasselbe Mittel benutzt wurde, dessen sich C. TH. TOURTUAL (s. S. 44) bedient hatte, da nämlich jedes der beiden Augen in verschiedener Weise schief auf die im Relief zu sehende Zeichnung gerichtet wurde. Das war in dem älteren Falle durch eine symmetrische Drehung jeder der beiden identischen Zeichnungen erreicht worden, während J. B. DONAS durch eine zweckmäßige Spiegelanordnung den Spiegelungen des Einzelbildes eine entsprechende Drehung erteilte.

Von sehr großer Wichtigkeit ist eine Mitteilung von J. CH. D'ALMEIDA (*1.*), die im nächsten Jahre der französischen Akademie der Wissenschaften gemacht wurde. Er beschäftigte sich mit Mitteln zur Herbeiführung des stereoskopischen Eindruckes, die späterhin hauptsächlich für stereoskopische Projektionsvorführungen Anwendung gefunden haben. Zuerst tritt eine Methode mit verschiedengefärbten Halbbildern auf, bei denen die Lichter in den Farben der Brillengläser erscheinen, die je vor ein Auge des Beobachters gehalten werden; die Schatten kommen dadurch zustande, daß der Untergrund überhaupt kein Licht erhält. Es ist dies also gerade eine Durchlässigkeitsmethode im Gegensatz zur Absorptionsmethode W. ROLLMANNS, und man muß dessen Prioritäts-

*) „*Instead of using double-pictured plates as in common stereoscopes for* „*producing a relievo-like effect, my improved instrument can be disposed for plates* „*with a single picture, and the bottom is then furnished with two reflecting glasses* „*placed at an angular position and allows the using of larger plates, and produce* „*the same effect.*“

reklamation (*3.*) für voreilig halten. Eine Antwort darauf sch-
J. Ch. d'Almeida nicht veröffentlicht zu haben.

Seine zweite Methode forderte intermittierende Beleuchtung. D
beiden Bilder wurden durch je eine Projektionslaterne auf eine und d
selbe Stelle des Schirms geworfen und von dem Beobachter so
trachtet, daß das rechte Auge immer nur das Bild der zugehöri
Laterne auf einen Bruchteil einer Sekunde sah; durch synchron wirke
Blenden wurde gleichzeitig das rechte Auge und seine Laterne
geblendet und das linke mit dem zugehörigen Projektionsapparat
öffnet usw. Die Vereinigung der beiden Bilder zu einem stereoskopisc
Eindruck kommt dadurch zustande, daß das soeben verdeckte A
noch eine kurze Zeit die Empfindung zurückhält, obschon die errege
Ursache bereits geschwunden ist.

Auf das *Stereomonoskop* von A. Claudet soll erst bei der Besprech
der rein theoretischen Ansichten dieses Zeitraums eingegangen werd
was um so eher angängig erscheint, als dieses Instrument eine pr
tische Bedeutung nicht erlangt hat.

Eine kurze Erwähnung verdient das Bennettsche (*1.*) Stereosk
insofern, als es zwar keinerlei neue Gedanken verkörpert aber do
besonders bequem und billig ausgeführt worden ist. Man kann es a
einen Vorläufer des später so weit verbreiteten amerikanischen Stere
skops ansehen, und man muß sich nur wundern, warum dieser geschic
zusammengestellte Apparat zu jener Zeit anscheinend keine willige A
nahme gefunden hat.

Ebensowenig Anklang fand das Modell von H. Swan (*1. u. 2.*
worin, jedenfalls ohne Kenntnis dieser Vorgängerschaft, der früher vo
H. W. Dove ausgesprochene Gedanke (s. S. 62) verschieden groß
Halbbilder für das Stereoskop verwirklicht wurde. Der Erfinder nah
die beiden Halbbilder mit zwei Objektiven von ganz verschieden
Brennweite auf, und zwar betrug der Abstand der Objektivachsen in de
Horizontalen 63,5 mm. Als Brennweiten wählte er $6^1/_2$ und 19 cm, die j
für die Plattenformate von 4 und $11^1/_2$ cm im Quadrat bestimmt waren
also gleiche Gesichtswinkel umfaßten. In schöner Gründlichkeit wurd
auch eine für gleichzeitige Aufnahme der beiden Halbbilder geeignet
Camera und ein einfaches Stereoskop für solche Bilder empfohlen.

H. W. Doves Stellung in der Stereoskopie.

Eines ganz besonderen Ansehens auf dem Gebiete der Stereoskopie
erfreute sich H. W. Dove und nicht allein in der deutschen Gelehrten-
welt. Von den bekannteren Männern der Wissenschaft hat er sich allein
von der ersten Zeit, dem Beginn der vierziger Jahre, bis tief in das
siebente Jahrzehnt mit stereoskopischen Versuchen beschäftigt, und nament-



lich seine Versuche über den Glanz haben seinen Namen sehr weit verbreitet. Er verfolgte daneben seine eigentlich stereoskopischen Experimente weiter und schlug gegen das Ende des hier betrachteten Zeitraums auch auf diesem Gebiete interessante Versuche vor, die eine außerordentliche Verbreitung erhielten.

Seine Stellung zu CH. WHEATSTONE in der Frage der Pseudoskopie berührte er (*10.*) in dem Vorfrühling des Jahres 1857. Er beschwerte sich zwar darüber, daß der englische Forscher seinem Prismenstereoskop den Namen des Pseudoskops beigelegt habe, aber er hob sehr deutlich dessen Verdienst hervor, die pseudomorphen Raumbilder zuerst in auffallender Weise vorgeführt zu haben. Sehr bald darauf hat er noch (*11.*) neben der Mitteilung verschiedener pseudoskopischer Experimente auf die eigentümlich lebhafte Illusion hingewiesen, die man erhalte, wenn man durch ein Pseudoskop eine einfache, aber unter ungewohnten Bedingungen ausgeführte, perspektivische Darstellung betrachte. Er wählte dazu die Projektion eines aufrechtstehenden Kreuzes auf eine Horizontalebene. Diese Beobachtung steht in einem nahen Zusammenhange mit den entsprechenden Versuchen CH. WHEATSTONES und anderer, wie sie von M. VON ROHR (*5. 334.*) zusammengestellt worden sind.

Ungefähr ein Jahr darauf gab er (*12.*) einfache Beispiele für die Genauigkeit an, mit der die Lokalisation des beidäugig betrachteten Bildes ausgeführt wird. Die Lage der Bilder bei ebenen Spiegeln und bei Planscheiben werden hier angeführt.

Betrachtet man beidäugig einen ebenen Druck durch ein Kalkspatrhomboeder, so erscheinen zwei Bilder, und zwar ist das eine stark über die Ebene des andern gehoben. Diese Erscheinung an einem dreizeiligen Typensatz ahmte er im Stereoskop nach. Er (*13.*) entwarf zu diesem Zwecke Halbbilder, in deren jedem jede Zeile doppelt untereinander gesetzt worden war. Außerdem aber zeigten die jeweils unteren Zeilen des einen Halbbildes eine Seitenverschiebung. Machte man diese drei unteren Zeilen für sich beweglich, so konnte man durch ein allmähliches Verschieben den Eindruck hervorrufen, daß die vorher heraustretenden Zeilen allmählich in die Ebene der anderen und dann auf der andern Seite über sie hinaus traten. Er machte auf die Ähnlichkeit dieses Versuchs mit seinem Rotationsexperiment (s. S. 60) aufmerksam. Es kann hier noch hinzugefügt werden, daß die Tiefenänderung durch eine einfache Lateralverschiebung bereits von A. CLAUDET (s. S. 99) im Jahre 1856 veröffentlicht worden war.

Noch in derselben Sitzung gab er (*14.*) den weitbekannten Versuch an, mit Hilfe des Stereoskops ein Original von seiner Kopie zu unterscheiden, oder eine Teilung auf die Gleichmäßigkeit der Abstände zu prüfen.

Hatte es sich hier im wesentlichen um räumliche Beobachtungen gehandelt, so führte er in einer andern Reihe von Arbeiten seine Farben-

mischungsversuche durch. Sie haben zwar eine große physiolog-
Bedeutung, passen aber weniger zu dieser Schrift, die sich im we-
lichen mit der Strahlenbegrenzung beschäftigt. Sie sollen aber
kurz skizziert werden.

Er beobachtete (*4.*) schon 1851 einfache Zeichnungen mit far-
Konturen auf weißem oder auf schwarzem Grunde durch verschie-
farbige Gläser vor den beiden Augen. Dabei konnte er zunächst
stellen, daß „die Anforderungen, die wir an die Vorstellung des Re-
„machen, strenger sind als die, welche bei den Beziehungen stattfin-
„welche in einer Ebene liegend vorgestellt werden.“ Einfache Li-
könnten sich mit entsprechenden Doppellinien zu einem Relief mit Dopp-
konturen verbinden. Als Beleg gab er einen Versuch mit einem A-
schen Reflexionsprisma aus Bergkristall an, womit er diese Doppellin-
in einer durchaus exakten Weise hatte hervorbringen können. Eine Zei-
nung könne sich mit einer andern als Kontur verbinden und gleichze-
mit einer dritten als Farbe. Die im Stereoskop erfolgende Vereinigu-
von schwarzen und weißen Flächen, sowie die von zwei verschieden
farbigen Flächen, ergebe die Erscheinung des Glanzes, dabei erschien-
die schwarz-weißen oder die verschiedenfarbigen Konturen nebeneinande
und so gekreuzt, daß die dem linken Auge dargebotenen Linien rech-
aufgefaßt würden.

Den Grund dafür suchte er in der mangelnden Achromasie d-
Auges, und zwar sehe man farbige Linien nebeneinander, farbige Fläche
voreinander, bei Schwarz und Weiß wirke Weiß als näher. Diese ve-
schiedenartige Lokalisation der beiden, den einzelnen Augen dargebotene
Flächen gab ihm den Grund für den Glanz ab.

Seine verschiedenen stereoskopischen Versuche hatten schon frü-
ein solches Interesse erregt, daß er 1853 eine Zusammenstellung davo-
in einer Sammlung (*6.*) seiner Arbeiten abdrucken ließ.

Eine Diskussion über den Glanz spann sich mit Sir David Brewste-
(*12.*) an, aber ohne daß eine große Meinungsverschiedenheit bestande-
hätte. H. W. Dove äußerte sich mehrfach dazu, so schon 1854 (*7.*) i-
Liverpool auf der Versammlung englischer Naturforscher, wo er aber zu
seinem Bedauern seinen Gegner nicht antraf, und dann noch 1855 (*8.*)
wo er Sir David Brewsters Kritik (*13.*) auf ein Mißverständnis seiner
Worte zurückführte.

Schließlich benutzte er (*9.*) noch eben die Erscheinung des Glanzes,
„um mit aller Strenge zu zeigen, daß, wenn man bei binocularem Sehen
„durch verschiedengefärbte Gläser sich abwechselnd des Eindrucks des
„einen und des andern Auges bewußt wird, der Durchgang stets durch
„eine wirkliche Combination erfolgt.“ Er führte zu diesem Zwecke eine
blaue Zeichnung auf rotem Felde aus und betrachtete dieses Objekt
beidäugig durch eine Brille, die links ein rotes, rechts ein blaues Glas



hatte. Man sehe zuerst das Bild schwarz auf rotem Grunde, plötzlich trete auch das blaue hervor, und dann sehe man beide Farben glänzend. Ähnliches gelte auch für rot und grüne Zeichnungen. Bei dieser Gelegenheit kam er auch auf A. de Haldats Priorität zu sprechen, die er anerkannte; aber er selbst erst habe 1841 dessen Resultate über allen Zweifel erhaben hingestellt.

Großen Reiz übte die Erscheinung des Glanzes auf J. J. Oppel aus. Er äußerte sich bereits 1854 (*1.*) dahin, daß diese Erscheinung auftrete, wenn auf jedes der beiden Augen eine verschiedene Helligkeit einwirke; der Glanz sei ein auf Grund der Erfahrung gefälltes Urteil. Noch schärfer stellte einige Jahre später W. Wundt (*1.*) die Urteilsnatur des Glanzes fest.

J. J. Oppel (*2.*) beschäftigte sich danach ganz methodisch damit, nicht bloß Glanz überhaupt hervorzubringen, sondern den Glanz bestimmter, ihm vorliegender Gegenstände zu wiederholen. Bei seinen Experimenten versuchte er zunächst, mit Handzeichnungen auszukommen, die er sorgfältig austuschte. Er überzeugte sich aber bald, daß er die nötige Genauigkeit nur mit Hilfe der Photographie erreichen würde. Diese selbstgestellte Aufgabe löste er vollkommen, indem er durch einen Photographen eine innen versilberte Glaskugel aufnehmen ließ und in der Tat so den glasklaren Glanz erhielt. Nach dem benutzten Material ist das das einzige Beispiel, in dem es ein Angehöriger der älteren deutschen Physikerschule für nötig hielt, für stereoskopische Untersuchungen photographische Aufnahmen machen zu lassen. Es war wirklich wie eine Scheu vor dem befleckenden Umgange mit einem Photographen, die den deutschen Gelehrten jener Zeit anhaftete. Man ließ sich wohl käufliche, häufig sehr schlechte Stereogramme als Demonstrationsmittel gefallen, aber es scheint zu jener Zeit auch nicht einer der bedeutenden Physiker und Experimentatoren Deutschlands auf den Gedanken gekommen zu sein, die Wirkung des Stereogramms mit der Wirkung der Gegenstände selbst zu vergleichen.

Den Abschluß dieser Arbeiten machte J. J. Oppel (*4.*) um 1857, indem er das Glitzern analysierte und eine stereoskopische Nachbildung davon gab. Es handelt sich dabei um einen Körper mit verschieden kleinen spiegelnden Flächen: „Einige derselben senden dem einen Auge „ein Maximum, und gleichzeitig dem andern ein Minimum von Lichte „zu, d. h. sie erscheinen für das rechte Auge z. B. als leuchtend helle, „für das linke als völlig dunkle (unsichtbare) Punkte; einige andere „zwar zeigen sich beiden Augen zugleich als hellleuchtende Punkte, aber „doch in verschiedenem Grade, d. h. sie erscheinen dem einen Auge „noch merklich intensiver leuchtend, oder auch (vielleicht bloß durch „Irradiation oder Wirkung von Zerstreuungskreisen) etwas größer als „dem andern; — wieder andere endlich (und nicht ganz wenige) zeigen

„sich beiden Augen als Lichtpunkte von völlig gleicher Intensität und „Ausdehnung." Er ahmte das dadurch nach, daß er in einer geeigneten stereoskopischen Vorrichtung unregelmäßig durchlochte Pappscheiben betrachtete, die von der Rückseite her beleuchtet wurden. Er erhielt auf diese Weise den Anblick des Avventurins, eines stark glitzernden Schmucksteins.

Die Angriffe von Sir David Brewster auf Ch. Wheatstone.

In dem hier behandelten Zeitraume kam es zur Äußerung der gegenseitigen Abneigung, die sich allmählich zwischen den beiden großen englischen Physikern angesammelt hatte. In englischen Schriften ist man auf diese Frage selten eingegangen, und man kann den zugrunde liegenden Wunsch, bei keiner der beiden nationalen Größen durch Annahme kleinlicher Motive eine Achtungsminderung eintreten zu lassen, im allgemeinen auch nur billigen. Doch liegt hier bei diesem Buche der Fall anders; für die Engländer jener Zeit konnte man eine ungefähre Kenntnis des Vorangegangenen voraussetzen, denn sie hatten die Vorgänge denkend miterlebt. Für die jetzige Zeit und für das Ausland ist aber zu beachten, daß die Kenntnis von Persönlichkeit und Leistung in bezug auf beide Forscher recht schemenhaft ist, und daß sich eine Bekanntschaft, wo sie überhaupt vorhanden ist, auf Sir David Brewsters leicht verständliches und ungewöhnlich anregendes Buch (*15.*) stützt, das bei seinen sonstigen großen Vorzügen nach dieser Richtung eine Parteischrift vom reinsten Wasser und zur Gewinnung eines objektiven Standpunkts so ungeeignet ist wie möglich. Man kann für Sir David Brewsters Handlungsweise wohl nur entschuldigend anführen den Eifer des erfolgreichen Erfinders, das aus dem stillen Bewußtsein, dem Gegner unrecht getan zu haben, folgende Bestreben, ihn gleichsam zur eigenen Rechtfertigung herabzusetzen, und schließlich sein hohes Alter bei der Abfassung.

Schon oben war darauf hingewiesen worden, daß die Animosität Sir David Brewsters mit dem äußeren Erfolge seines Prismenstereoskops wuchs. Seine Geringschätzung der früheren, wesentlich theoretischen Leistung Ch. Wheatstones steigert sich in der Monographie zu einer außerordentlichen Höhe. Nach seiner Darstellung hat Ch. Wheatstone an der Erfindung des Stereoskops kaum irgendwelchen Anteil. Die Tatsache, daß die beiden Augen von einem Objekt zwei verschiedene Bilder sehen, sei schon im grauen Altertum bekannt gewesen. Um 1834 habe J. Elliot ein einfaches stereoskopisches Experiment mit zwei Zeichnungen geplant und 1839 angestellt, die so merkwürdig seien, daß er sie in seinem Buche wiedergebe. Der Wheatstonesche Apparat sei plump und unbrauchbar, und was allein ein Verdienst gehabt hätte, habe und

haben würde, sei seine eigene Erfindung des Prismenstereoskops sowie die der Nebenformen. Man wird in einem solchen Lobgesange auf die eigene Bedeutung keine sorgfältige Würdigung der Verdienste anderer erwarten, und man findet sie in der Tat auch nicht darin. Auch hierauf ging CH. WHEATSTONE noch nicht ein,*) sondern er erklärte sich erst gegen einen von Sir DAVID BREWSTER (*16.*) geschriebenen aber anonym erschienenen Brief an die Times vom 15. Okt. 1856, der eine Besprechung des obenerwähnten FAYEschen Stereoskops enthielt. Hieran schloß sich nun ein durch sechs Nummern fortgeführter Briefwechsel. Sir DAVID BREWSTER verfocht wiederum die Priorität von J. ELLIOT, der sein Experiment bereits 1834 geplant und 1839 beschrieben habe, und führte außerdem einen neuen Prioritätskandidaten in G. MAYNARD auf, der 1836 eine entscheidende Veröffentlichung hätte erscheinen lassen. CH. WHEATSTONE (*6.*) erhob gegen Sir DAVID BREWSTER schwere Vorwürfe wegen der Unrichtigkeit der Darstellung seiner eigenen Ansichten und offenbarer Vernachlässigung der Resultate anderer, namentlich deutscher Forscher. Mit einer energischen Zurückweisung der BREWSTERschen Bezweiflung seiner eigenen Priorität und mit einem Versprechen, ihn in der Monatsschrift „*The Philosophical Magazine*" zu widerlegen, schloß er den Briefwechsel. Jene Widerlegung scheint aber nicht erschienen zu sein.

Nur an einer Stelle findet sich in der durchgesehenen Literatur eine deutliche Schilderung des Eindrucks, den der bedauerliche Streit auf fernerstehende Zeitgenossen gemacht hat. Er stammt aus der Feder F. BURCKHARDTS (*1.*), eines Baseler Physikers, der zu jener Zeit die in dieses Kapitel fallenden Arbeiten für die Fortschritte der Physik besprach. Es war das eine referierende Zeitschrift, die von der Berliner Physikalischen Gesellschaft herausgegeben wurde. Er nahm deutlich für CH. WHEATSTONE Partei und verurteilte die durch Sir DAVID BREWSTER versuchte Verkleinerung seines Verdienstes auf das Entschiedenste.

Den nächsten Angriff unternahm Sir DAVID BREWSTER (*17. u. 18.*) einige Jahre später. Die beiden Brüder A. C. und J. BROWN hatten bei einem Besuch der WICARschen Sammlung in Lille zwei nebeneinandergestellte,

---

*) Wenn CH. WHEATSTONE, wie das Sir DAVID BREWSTER (*15. 33.*) mit allem Pathos sittlicher Entrüstung mitteilt, 1854 einen an ihn gerichteten Brief Sir DAVID BREWSTERS vom 27. Sept. 1838 zur Kenntnisnahme an F. MOIGNO einsandte, so geschah das offenbar nur, um diesen in den Stand zu setzen, zu weitgehende Äußerungen einzuschränken. Es ist nach allem, was von CH. WHEATSTONES durchaus liebenswürdigem, ja schüchternem Wesen bekannt geworden ist — man vergleiche nur den prächtigen Nachruf vor der großen Londoner Gesellschaft: *Proc. Roy. Soc.* 1875/76. **24.** XVI bis XXVII. — vollständig begreiflich, daß er einer Auseinandersetzung mit Sir DAVID BREWSTER, als einem zu rechthaberischen Gegner („*so disputatious an antagonist*"), nach Möglichkeit aus dem Wege gegangen ist.

ziemlich große (etwa 22 : 30 cm) Bilder aufgefunden, die, wie man annahm, von dem florentinischen Künstler JACOPO CHIMENTI DA EMPOLI stammten, und die Sir DAVID BREWSTER als stereoskopische Zeichnungen auffaßte. Da zunächst keine Kopien dieser Museumsbilder beschafft werden konnten, wurde der mehrfach wiederholte Angriff auf CH. WHEATSTONES Priorität zunächst noch nicht zurückgewiesen. Er hat aber mit den Anlaß zu einer Verteidigungsschrift gegeben, die, da sich CH. WHEATSTONE in vornehmer Art nicht in diesen Zank mischte, von W. B. CARPENTER (*1.*) verfaßt wurde. Die Schrift ist ganz musterhaft ausgearbeitet und hat für die hier gegebene Darstellung der Entwicklung der WHEATSTONEschen Idee sehr wichtige Hinweise gegeben. Auch der Prioritätsanspruch G. MAYNARDS wurde bei dieser Gelegenheit zurückgewiesen. Als nun, wie G. SHADBOLT (*3.*) bald mitteilte, durch die Vermittelung des für diese Angelegenheit interessierten Hofes die CHIMENTIschen Bilder reproduziert worden waren, entbrannte der Kampf von neuem, da die Meinungen über die stereoskopische Wirkung sehr geteilt waren. Namentlich die junge amerikanische Schule nahm durch ihr Mitglied E. EMERSON (*1.*) den Kampf gegen Sir DAVID BREWSTER auf und beschrieb die Wirkung der Vereinigung der beiden Bilder als ganz natürlich aus den Ungenauigkeiten beim Kopieren folgend. Hiergegen erklärte sich aber Sir DAVID BREWSTER (*19.*) ganz energisch und hielt den wirklichen stereoskopischen Eindruck für seine Person aufrecht. Er berichtete gleichzeitig von einem in Liverpool aufgefundenen binokularen Instrument, das 1670 in Rom angefertigt worden sei, und das vielleicht ein Stereoskop sei. In seiner Entgegnung wies E. EMERSON (*2.*) zunächst die Unrichtigkeit dieser letzten Annahme nach. Das Instrument sei kein Stereoskop sondern ein Doppelfernrohr, es stamme nicht aus Rom sondern aus Mailand, und es sei nicht um 1670 sondern 1726 angefertigt worden. Was aber das angebliche Relief der CHIMENTIschen Bilder angehe, so habe er ein ganz ähnliches immer erhalten, wenn er ein Bild und die von Menschenhand sorgfältig ausgeführte Kopie in das Stereoskop gelegt habe. Um die Angelegenheit aber wirklich zu erledigen, habe er die Differenzen homologer Punkte ausgemessen, und da zeige sich deutlich, daß in den CHIMENTIschen Bildern stereoskopische und pseudoskopische Differenzen homologer Punkte bunt vermischt vorhanden seien, so daß man an einen beabsichtigten stereoskopischen Effekt nicht zu denken habe.

Hiermit ruhten die Angriffe auf CH. WHEATSTONE wahrscheinlich infolge des hohen Alters Sir DAVID BREWSTERS, der über 86 Jahre alt am 10. Februar 1868 starb.

Die Ansichten über Homöomorphie und verwandte Gebiete.

Schon der vorhergehende Abschnitt (s. S. 81—90) über die Betrachtungsapparate leitete, soweit dabei die Neuerscheinungen dieses Zeitraums behandelt wurden, die Aufmerksamkeit auf die theoretischen Ansichten, deren Entwicklung in dieser Periode mit großem Eifer und schönem Erfolge gefördert wurde.

Bereits bei der Besprechung der photographischen Technik war auf die Schwierigkeit hingewiesen worden, die die Praktiker dieser Zeit hinsichtlich der Entfernung der Aufnahmeobjektive empfunden hatten. Es ist ganz verständlich, daß auch die reinen Theoretiker und die theoretisierenden Praktiker viele Mühe auf die Klarlegung ihres Standpunktes verwandt haben. Einer der ersten, der sich nach CH. WHEATSTONE mit dieser Frage beschäftigte, war der aus Frankreich eingewanderte und in London sehr hoch angesehene Photograph A. CLAUDET. Welch eine bedeutende Rolle dieser Fachmann dort durch seine Beziehungen spielte, darauf hat M. VON ROHR (*1. 102.*) schon früher hingewiesen; man kann auf dem Gebiete der Stereoskopie noch weitergehen und sagen, daß er hier sehr schöne eigene Leistungen aufzuweisen hat.

Bereits um 1853 kam er (*3.*) vor der englischen Naturforscherversammlung auf die Frage des Abstandes zu sprechen und erklärte sich dahin, daß man eine Vergrößerung des Abstandes der Aufnahmeobjektive ertrage, indem man sich dann ein verkleinertes Modell in kurzer Entfernung vorstelle. Doch sei es wichtig, für die Aufnahme Objektive langer Brennweite zu wählen, denn bei solchen von kurzer Brennweite ergebe sich ein unnatürlicher stereoskopischer Effekt infolge der übertriebenen Tiefenwirkung namentlich bei entfernteren Gegenständen. Es scheint, daß der Verfasser zu diesen Ansichten gekommen ist, indem er die Brennweiten seiner Aufnahmeobjektive nicht mit denen seiner Betrachtungslinsen übereinstimmend wählte. In dem ihm angenehmen Falle erhielt er anscheinend die Wirkung eines vergrößernden Doppelfernrohrs, in dem ihm unangenehmen die eines verkleinernden. Diese Parallele zog er aber nicht, obwohl er im Anfange seines Vortrages die hübsche Bemerkung gemacht hatte, daß ein 4fach vergrößerndes Doppelfernrohr eine porrhallaktische Wirkung von $^1/_4$ besäße, und daß die Tiefe gesteigert werde, wenn man das Doppelfernrohr umgekehrt vor die Augen halte.

Diesen Gedanken führte er (*4.*) in seinem ein wenig später erschienenen französischen Büchlein noch deutlicher aus und gab, was sehr merkwürdig ist, schon 1853 die sogenannte HELMHOLTZische Regel für die Homöomorphie, daß dafür nämlich ein 4fach vergrößerndes Doppelfernrohr auch eine Trennung der Objektive auf das 4fache des Augenabstandes — also bei 63,5 mm Okularabstand auf 25,4 cm — haben

müßte. Diese Einrichtung lasse sich durch die Zwischenschaltung von Prismen auch wirklich erreichen. Es sei hier auf das Vorhergehende verwiesen, wo sich auf S. 87 der Nachweis findet, daß H. HELMHOLTZ im Jahre 1857 eine richtige und von dieser CLAUDETschen Meinung entschieden abweichende Ansicht hatte, sie aber 1866 möglicherweise zugunsten einer mit jener Auffassung identischen aufgab.

Eine gewisse Erklärung für den Irrtum, den A. CLAUDET begangen hatte, läßt sich aus einer von ihm gegebenen Ableitung entnehmen (*4.*), aus der es hervorgeht, daß er für vollkommen homöomorphe Aufnahmen Objektivbrennweiten von der Länge der Augenbrennweiten forderte, und daß er für Aufnahmen mit Objektiven längerer Brennweite durchaus einen proportional vergrößerten Abstand vorschrieb. Daß er den Irrtum nicht bemerkte, ist um so wunderbarer, als er im erste: Falle eine Vergrößerung der kleinen Bildchen für unschädlich erklärte, wenn nur diese Vergrößerung bei der Betrachtung entsprechend weiter abgerückt würde. Er hat übersehen, daß eine 10fache Vergrößerung einer mit einem Objektiv von 15 mm Brennweite gemachten Aufnahme — richtig zeichnende Systeme vorausgesetzt — hinsichtlich der Perspektive von einer aus dem gleichen Orte gemachten Aufnahme mit einem Objektiv von $f = 15$ cm überhaupt nicht zu unterscheiden ist. Da ihm die Körperlichkeit im natürlichen Sehen zu gering vorkam, so begünstigte er größere Objektivabstände. Nach seinen Äußerungen scheint es, als habe er außerordentlich leicht einen modellartigen Eindruck erhalten, etwa ähnlich wie es bei H. HELMHOLTZ der Fall gewesen zu sein scheint, eine Auffassung und Deutung, die nicht jedem Beobachter möglich ist.

A. CLAUDETS Äußerungen führten zu einem Meinungsaustausche mit M. A. GAUDIN (*2.*), einem Rechner in einer staatlichen Anstalt *(bureau des longitudes)* zu Paris, doch ohne daß die beiden Parteien zu einem gemeinsamen Ergebnis gekommen wären. Der Letztgenannte wollte am liebsten gar keine Vergrößerung des Objektivabstandes zulassen und gestattete höchstens eine Aufnahme mit doppelter Augenentfernung. Er konnte einen befriedigenden Eindruck von den überplastischen Aufnahmen nicht erhalten, und besonders versagte bei ihm das von A. CLAUDET (*5.*) vorgeschlagene Hilfsmittel, sich selbst für verkleinert zu halten, denn damit würde ihm die gesteigerte Reliefwirkung nun gar nicht in Einklang zu bringen sein. Die Aufnahmen müßten, wenn sie dem Auge direkt dargeboten werden sollten, mit Systemen einer Brennweite von 25 cm, wenn Okulare verwendet würden, mit Objektiven von deren Brennweite aufgenommen worden sein, sobald es sich um die Erzielung eines naturgetreuen Eindruckes handele. Kurzsichtige müßten bei der Benutzung eines solchen Apparats eine korrigierende Brille aufsetzen. Aus dem CLAUDETschen Anteil an dieser Kontroverse interessiert hier

allein die gelegentliche Bemerkung, daß er schon um die Zeit von 1852/53 gemeinsam mit Ch. Wheatstone systematische Versuche mit einer Apollobüste gemacht hatte, die unter den verschiedensten Konvergenzen von 2 bis zu 12 Graden aufgenommen worden war. Der Eindruck des Bildes im gewöhnlichen Stereoskop war für die unter 4 Grad gemachten Aufnahmen am günstigsten, doch befriedigte ihn auch noch das zur Konvergenz von 12 Grad gehörige Paar von Aufnahmen.

Bei Gelegenheit seines interessanten Vorschlags, die Verzeichnung im Prismenstereoskop durch Einführung der entgegengesetzten in die Halbbilder zu heben, machte A. Claudet (*8.*) noch darauf aufmerksam, daß bei einer symmetrischen Horizontalverschiebung der Halbbilder in ihrer Ebene eine Bewegung der Objekte nach der Tiefe zu bemerkt würde. Infolge der Verminderung der Konvergenz beim Auseinanderrücken würden die Gegenstände bei der Entfernung größer, beim Näherkommen kleiner erscheinen, da ja ihre angulare Größe unverändert bliebe. Das stehe im Gegensatz zu der Bewegung natürlicher Objekte. Wenn Ch. Wheatstone bei seiner ersten Notiz vom Jahre 1834 (s. S. 39) und in seinem zweiten großen Vortrage (s. S. 65) auf etwas Ähnliches hingewiesen hatte, so tritt hier die deutliche Erkenntnis auf, daß eine seitliche Bewegung der Bilder eine Verschiebung in die Tiefe zur Folge hat. Auch Sir David Brewster hatte (s. S. 48) bei der Konstatierung von Ungenauigkeiten in Tapetenbildern in gewisser Weise auf diese Idee hingewiesen, doch war bei A. Claudet ein weiterer Schritt in einer Richtung getan worden, die bei dem Ausbau der stereoskopischen Meßinstrumente mit Nutzen verfolgt werden sollte.

Auf andere Brewstersche Ansichten führte ein sehr anziehender Artikel von W. J. Read (*1.*) zurück, der in einer Erwiderung auf eine Bemerkung Th. Suttons, die Tiefenwahrnehmung mit bloßen Augen sei, wenn der Objektivabstand bei der Aufnahme gleich dem Augenabstand gewesen sei, zu gering, ja fast verschwindend, auf die Notwendigkeit hinwies, den Augenabstand doch mit den Aufnahmeobjektiven einzuhalten. Zum Nachweise jenes Irrtums nahm er ein kleines Bildwerk in $^1/_5$ der natürlichen Größe aus einer Entfernung von 1,2 m mit Objektiven auf, die zunächst 1,3, dann 5,7 und schließlich 6,3 cm Abstand voneinander hatten. Im Stereoskop betrachtet führten die ersten Aufnahmen zu einer Statue in Lebensgröße, die zweiten auf eine in etwas kleinerem Maßstabe und die letzten auf das kleine Bildwerk, wie es in der Wirklichkeit bestand. Auf Grund dieser Erfahrung wurde die Bemerkung hinzugefügt, man könne aus einem Maschinenmodell im Stereoskop eine Darstellung der Maschine in natürlicher Größe erhalten.

Es lohnt nicht der Mühe, auf alle die verschiedenen Meinungsänderungen einzugehen, die Th. Sutton hinsichtlich der Theorie des

Stereoskops durchgemacht hat; bei der Schnellfertigkeit dieses Autors wird man seinen Äußerungen nicht durchweg ein großes Gewicht beizulegen brauchen, und auch die verschiedenen Stereoskopkonstruktionen seiner ersten Zeit bieten kein großes Interesse; sie sind anscheinend durch die DUBOSCQschen Apparate merklich beeinflußt worden.

In seiner 1856 begründeten Zeitschrift, *Photographic Notes*, gab er (*1.*) früh eine Theorie der beiden Stereoskopsysteme, worin bei dem WHEATSTONEschen der sehr geringe Winkelwert auffällig ist, unter dem er die Halbbilder erscheinen ließ. Er betrug in der Breite 28 und in der Diagonale 36 Grad. Er nahm an, daß die Halblinsen des BREWSTERschen Prismenstereoskops auch bei merklicher Exzentrizität der beiden Augen noch ebenso richtige Bilder entwürfen wie zentrisch benutzte, nicht verzeichnende Systeme (s. S. 52), wodurch dann allerdings die Theorie des BREWSTERschen Stereoskops ganz selbstverständlich wurde. Zur Herbeiführung der ursprünglichen Gesichtswinkel müßten die Brennweiten der Aufnahme- und der Betrachtungslinsen übereinstimmen. Die Erweiterung des Abstandes der Aufnahmeobjektive erhöhe den stereoskopischen Effekt, vor dessen Übertretung man sich aber zu hüten habe. Auch bei geringeren Abständen ersetze die Erfahrung viel, die aus der Perspektive, aus Licht- und Schattenverteilung fast einen stereoskopischen Effekt entwickeln könne. Zwei Abzüge von dem gleichen Negativ, die aufzufassen seien als Aufnahmen von demselben Ort oder von zwei sehr benachbarten Standpunkten, ergäben im Stereoskop den Effekt eines flachen Bildes, das man gleichzeitig mit beiden Augen beschaue, doch komme auch hier die Erfahrung sehr zu Hilfe.

Ferner verdient ein Versuch Beachtung, den er (*2.*) mit G. B. AIRYS Unterstützung im Laufe des Jahres 1857 anstellte, um ein tautomorphes Stereoskop *(verity stereoscope)* zu konstruieren. Es handelte sich dabei um ein WHEATSTONEsches Linsenstereoskop mit Betrachtungssystemen von 13 cm Brennweite und $1^1/_2$ cm Durchmesser. Für Kurzsichtige war ein besonderer Träger mit Linsen von $16^1/_2$ cm Brennweite vorgesehen. Die Bilder wurden in einer dazugehörigen Parallelcamera mit Landschaftslinsen von 13 cm Brennweite und 63,5 mm Abstand aufgenommen, deren Plattenhalter mit Masken für die Halbbilder versehen war, die eine quadratische Öffnung von 57 mm Seitenlänge frei ließen. So hergestellte Bilder müßten schon bei der Betrachtung mit freien Augen den richtigen Eindruck geben, wenn nicht die Schwierigkeiten der Akkommodation auf einen so kurzen Abstand hindernd im Wege ständen. Diese Schwierigkeiten würden gehoben, wenn man die Stereoskoplinsen zwischen Auge und Bild bringe und die Bilder so im Unendlichen erscheinen lasse. Mache man stereoskopische Konvergenzaufnahmen und betrachte sie in einem gewöhnlichen Stereoskop, so würden die Sehstrahlen nach vielen Punkten sich nicht schneiden sondern

nur kreuzen, und man würde eine Schwierigkeit in der Lokalisation der Raumpunkte empfinden. Bei der ganzen Untersuchung sind die Betrachtungslinsen stillschweigend als verzeichnungsfrei vorausgesetzt.

Daß ein solches Kreuzen in dem betrachteten Falle tatsächlich eintreten muß, kann man sich wohl am leichtesten dadurch deutlich machen, daß man als Objekt eine vertikale Gerade vor beiden Einstellungsebenen denkt. Handelt es sich um Konvergenzaufnahmen, also um zwei unter einem bestimmten Winkel gekreuzte Einstellungsebenen, so werden die Abbilder der Geraden im allgemeinen, d. h. wenn das Objekt nicht gerade in der Medianebene lag, verschieden groß ausfallen. Breitet man nun, wie es für das gewöhnliche Stereoskop geschehen muß, die beiden Abbildskopien in eine Ebene aus, so bestimmen die Enden der ungleichgroßen Abbilder der Vertikalen mit den zugehörigen Augendrehungspunkten zwei Gerade, die sich im Raume kreuzen.

Daß übrigens G. B. Airy (*2.*) nicht unter allen Umständen dieses tautomorphe Stereoskop *(verity stereoscope)* empfehlen wollte, läßt sich aus einem mit seinen Initialen unterzeichneten Artikel erkennen, in dem er für weit entfernte Gegenstände, in seinem Beispiele für 8 km weit weit entfernte Berge, eine Trennung der Aufnahmeapparate auf $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der Entfernung, also auf 400—800 m vorschlug. Es sind das Vorschläge, die offenbar auf die große Wheatstonesche Schrift gebührende Rücksicht nehmen und für bestimmte Zwecke eine Abweichung von der Naturtreue zugunsten gesteigerter Tiefenwahrnehmung etwa in dem Sinne von W. Crookes (s. S. 86) empfehlen.

Das allgemeine Interesse wurde von neuem auf die Aufnahme mit großem Abstande und gleichzeitiger Konvergenz gelenkt, als es gegen das Ende der fünfziger Jahre Warren de la Rue (*1.*) gelang, seine berühmten Mondaufnahmen in aller Vollkommenheit zu vollenden. In dieser Hinsicht gebührt ihm der Ruhm durchaus. Die ersten stereoskopischen Mondaufnahmen aber sind nach dem Berichte von J. A. Forrest (*1.*) von ihm und von . . Hartnup im Januar 1854 angefertigt worden. Nach der hier benutzten Literatur liegt aber keine gleichzeitige Veröffentlichung für diese stereoskopischen Aufnahmen vor. — Es ist ganz verständlich, daß man in England stolz war auf diese auch dem Laien imponierenden Aufnahmen des großen Astronomen; doch auch heute noch kann man nur aufrichtige Bewunderung hegen für die Sorgfalt und Exaktheit, mit der er seine Überlegungen für das homöomorphe Mondstereoskop angestellt hatte, und die sich so vorteilhaft unterscheiden von der Unbefangenheit, mit der später solche Mondaufnahmen so vorgeführt wurden, als wären sie in einer Parallelcamera entstanden. W. de la Rue ging von der Überlegung aus, daß die Konvergenz eines Beobachters mit normalem Augenabstande und bei Einhaltung der deutlichen Sehweite etwa $15^3/_4$ Grad betrage, und daß dieser Winkel-

wert bei der Aufnahme auch nicht überschritten werden solle. Durch eine verständige Benutzung der Libration des Mondes könne man passende Halbbilder auch leicht erhalten. Sei der Konvergenzwinkel bei den Aufnahmen zu groß, was sehr wohl vorkommen könne, so erhalte der Mond ein unnatürliches, eiförmiges Aussehen. Große Aufmerksamkeit müsse man auf die richtige Stellung der Bilder im Stereoskop richten, und zu diesem Zwecke sei bereits bei der Ausstellung wissenschaftlicher Apparate in Leeds ein besonderes Stereoskop, und zwar ein modifiziertes WHEATSTONEsches Spiegelstereoskop zur Anwendung gekommen; modifiziert, weil bei den Diapositiv-Halbbildern Beleuchtungs- und Einstellungsvorrichtungen hätten verändert werden müssen. Die Spiegel waren Ableseprismen, an deren Vorderseiten Hohlflächen angeschliffen worden waren, damit die großen Mondbilder von 20 cm Durchmesser in der deutlichen Sehweite erschienen. Für die Diapositv-Halbbilder war außer einer Höhen- und Breitenbewegung auch eine Umdrehungsmöglichkeit vorgesehen worden. Denn diese Justiervorrichtungen sind für einen Konstrukteur, der wie W. DE LA RUE das Problem beherrschte, ganz absolut notwendig. Der Erfolg entsprach seinen Erwartungen vollständig: Das Mondbild erschien kugelrund, und der stereoskopische Effekt war vollkommen.

Ein Jahr später wandte er (*1. 148.*) seine Methoden auch auf andere Himmelskörper an, und zwar konnte er auf der Naturforscherversammlung in Aberdeen bereits von gelungenen Aufnahmen des Jupiter und von Hoffnungen auf solche des Mars und Saturn berichten. Auch Sonnenaufnahmen waren geglückt (*1. 153.*); ein Tagesabstand genügte, und die Sonne erschien im Stereoskop als Kugel. Später, um 1871, hat MUNGO PONTON*) angegeben, daß W. DE LA RUE Stereoskopaufnahmen eines großen Sonnenfleckes gemacht habe, wonach dieser als eine ungeheure, tiefe Grube erscheine.

Das Aufsehen, das W. DE LA RUE erregt hatte, wurde bald von Sir JOHN F. W. HERSCHEL (*1.*) benutzt, um in dem von W. CROOKES redigierten photographischen Blatte auf die Bedeutung der Objektivtrennung hinzuweisen, wenn es sich darum handele, einen Eindruck wie von einem treuen Modell des aufgenommenen Objekts zu erhalten. Doch kann man aus der Notiz nicht erkennen, daß es auf die Konvergenz der Aufnahmeachsen dabei gar nicht ankommt, ja daß für die praktische Stereoskopie die Parallelität der Objektivachsen große Vorzüge hat, worauf W. CROOKES einige Zeit vorher (s. S. 86) so deutlich hingewiesen hatte. Immerhin aber läßt sich dieser Notiz entnehmen, welch großes Interesse auch auf den Höhen der geistigen Entwicklung zu jener Zeit dem

*) Nach der Wochenschrift *The British Journal of Photography* 1871. 18. Nr. 586. 352.

Stereoskop geschenkt wurde; ein Interesse, das nur zu bald gänzlicher Nichtachtung, ja Verachtung weichen sollte.

Ungefähr ein Jahr darauf betätigte derselbe Autor wiederum sein Interesse an diesem Gegenstande. Bei der Niederschrift seines Artikels „*The telescope*" für das Konversationslexikon *Encyclopaedia Britannica* gab er (*2. 121.*) im Oktober 1859 eine vollständige Theorie des Telestereoskops ohne und mit Fernrohrvergrößerung. Ihm war damals das Faktum des HELMHOLTZischen Instruments nur im allgemeinen bekannt, und die von ihm gegebene Beschreibung ist in den Einzelheiten von der Veröffentlichung seines Vorgängers unabhängig. Er machte bei dieser Gelegenheit auf die Erfindung des Telestereoskops mit Fernrohrvergrößerung aufmerksam, die durch seinen Sohn A. S. HERSCHEL im Jahre 1855 erfolgt sei. Es scheint nach der Anmerkung, als sei das Instrument damals nur ausgeführt aber nicht veröffentlicht worden. Indessen würde selbst in diesem Falle die Priorität von A. CLAUDET (s. S. 97) und die von W. HARDIE (s. S. 82) bestehen bleiben. Die Porrhallaxie des durch ein solches Telesteroskop mit Fernrohrvergrößerung gelieferten Raumbildes wurde aber von Sir JOHN F. W. HERSCHEL nicht hervorgehoben.

Einige Zeit vorher, im Frühsommer 1857, teilte A. CLAUDET (*9.*) vor der *Royal Society* eine Beobachtung mit, die er zuerst im Frühling des Vorjahres gemacht hatte. Hinter einem lichtstarken Porträtobjektive könne er das Relief eines Gegenstandes auf der Mattscheibe sehen, auf den das Objektiv gerichtet sei. Am besten vermöge er die Erscheinung zu beobachten, wenn die große Linse bis auf zwei horizontale Randteile abgeblendet werde, deren einem ein blaues, deren anderem ein gelbes Glas vorgeschaltet sei. Schließe man abwechselnd ein Auge, so bemerke man ein blaues oder ein gelbes Bild, während das gemeinsam wahrgenommene körperlich sei und grau aussehe.*)

Schon H. HELMHOLTZ hat (*2. 686.*) kurz darauf hingewiesen, daß bei der Wahrnehmung des Reliefs auf der Mattscheibe die Augen die Aussonderung der Büschel übernehmen, und in der Tat ergibt sich bei näherer Betrachtung die folgende Theorie.

Denkt man sich zunächst sowohl jede Abblendung im Objektiv als auch die Mattscheibe entfernt, so handelt es sich offenbar um den einfachen Fall eines einheitlich wirkenden Systems, das für einen normalsichtigen Beobachter von einem Objektrelief ein reelles Bildrelief ent-

---

*) Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß G. NORMAN (*1.*) schon um 1855 von einem solchen Relief auf der Mattscheibe berichtet hatte. Er hatte es beobachtet, als er mit einer Landschaftslinse von $7\,^1/_2$ cm Durchmesser einstellte, die bis auf zwei horizontalliegende Öffnungen im Abstande von 63 mm abgeblendet worden war. Diese Bemerkung muß für seine Beobachtung genügen, da sie für ihn vereinzelt blieb, während sie für A. CLAUDET den Ausgangspunkt für eine gründliche Untersuchung abgab.

wirft. Aber auch die Zwischenschaltung einer Mattscheibe ändert ka
etwas an dem Sachverhalt, weil sie das Licht nur unvollkommen dif
macht und es zum größten Teile in der ursprünglichen Richtung wei
gehen läßt. Wenn aber A. CLAUDET glaubte, durch Änderung der E
stellung auch einen pseudoskopischen Eindruck hervorbringen zu kön
so muß demgegenüber hervorgehoben werden, daß eine solche Einri
tung infolge der orthopischen Stellung der Objektaugen nur ortho
pisch wirken kann, wenn man das reelle Objektrelief beobachtet,
es hier stets angenommen wird.

Die Einführung der exzentrischen Blendenöffnungen mit den Fa
gläsern ändert den Versuch insofern, als nunmehr auch diese Blen
und nicht mehr die Objektaugen allein an der Strahlenbegrenzung A
teil haben können. Man wird, wenn vorläufig die Mattscheibe wie
weggelassen wird, die Forderung stellen, daß die Blendengröße rich
gewählt sei, so daß die auf die Objektaugen zielenden Strahlen dur
die Blenden nicht abgeschnitten werden. Schaltet man die Mattsche
wieder ein, so tritt wenigstens zu einem gewissen Grade diffuse Stra
lung auf, und man kann daher die Abbilder auch von solchen Stel
des Bildraumes wahrnehmen, von denen die freie Strahlung durch d
Blendungen abgehalten wird.

Man muß aber auch darauf hinweisen, daß ähnliche Beobachtung
bereits von J. HARRIS und J. H. LAMBERT gemacht worden war
(s. S. 31, 32). Ferner schließt sich die Wahrnehmung der Mischfarbe a
die JANINschen und DOVEschen Versuche an. In gewisser Weise i
auch die Farbenmethode von CH. D'ALMEIDA vorweggenommen, indem
hier ein Bild mit gelben und eines mit blauen Lichtern den Auge
einzeln dargeboten wird, nur geschieht die Aussonderung der recht
und der linksseitigen Strahlenbüschel nicht durch die Farbgläser, sonde
durch den in der Anlage des Versuchs bestimmten Strahlengang.

Es sollte nicht lange mehr dauern, bis A. CLAUDET (*10.*) sein Ve
sprechen einlöste und einen stereoskopischen Apparat, das *Stereomon*
*skop**), auf dieser Grundlage konstruierte. Er ersetzte den Körper b
jenem Versuch nun durch seine beiden Halbbilder, die er als passe
ausgewählte Diapositive aufgestellt hatte, und die er durch zwei Ob
jektive auf dieselbe Stelle der Mattscheibe projizierte. Die Gebiete,
denen die Halbbilder gleichzeitig bequem wahrgenommen werden konnte
trennten sich gleich hinter der Mattscheibe, und es war nicht schwier
eine Stelle hinter ihr ausfindig zu machen, von der aus jedes Bild n
dem zugehörigen Auge sichtbar war.

Den nun noch übrigen Schritt tat der Erfinder (*11.*) etwa ein halb
Jahr später, indem er unmittelbar hinter die Mattscheibe, wie bei de

*) Siehe die Anmerkung auf S. 78.





alten Form der *camera clara* (s. M. VON ROHR [*5. 303.*]) eine Konvexlinse stellte, um den Strahlengang besser zu regulieren. Dies geschah dadurch, daß die Konvexlinse die Austrittspupillen der beiden Objektive im Bildraum reell und an solchen Stellen abbildete, daß der Beobachter seine Augen mit ihnen im Koinzidenz bringen konnte. Es ist ganz einleuchtend, daß man durch eine derartige Einrichtung den stereoskopischen Effekt sowohl bei verhältnismäßig nahem als bei weitem Abstande von der Mattscheibe noch haben konnte, aber die Behauptung, die Methode eigene sich zur stereoskopischen Projektion für mehrere *(many persons can see it at the same time)*, ließ sich doch wohl nur schwierig rechtfertigen. Aus der herangezogenen Literatur wenigstens läßt sich eine solche Vorführung weder auf A. CLAUDET noch auf einen Nachfolger zurückführen.

Wie weit das allgemeine Interesse an der Stereoskopie ging, kann man gut aus dem Aufsehen entnehmen, das ein Versuch des Photographen J. SANG (*1.*) erregte, einen sehr populären Bilderzyklus stereoskopisch zu machen. Es handelte sich um die Reihe der CRUIKSHANKSischen Kupferstiche *The Bottle*, worin in grauenerregender Naturtreue die Folgen des Trunks geschildert werden. Die im Spätherbst des Jahres 1858 erschienenen Stereogramme stachelten den Scharfsinn der Redakteure der verschiedenen Fachzeitschriften mächtig an, und es dauerte auch nicht lange, bis eine plausible Erklärung gefunden war. Danach ist das eine Halbbild eine treue Kopie, während für das zweite die plastisch zu machenden Figuren aus dem Kupferstiche ausgeschnitten und vor seiner Ebene, eventuell noch mit vorwärtsgebogenen Gliedern aufgeklebt wurden. Die in dem Hintergrund bemerkbaren Lücken waren hinterklebt und mit der Zeichenfeder ausgefüllt worden. Das ganze Verfahren ließ sich natürlich vorteilhaft nur auf kleine Gruppen anwenden.

Diese populäre Aufgabe veranlaßte eine ganze Reihe von Aufsätzen, die sich mit dem Problem beschäftigten, zu einem gegebenen Bilde das zugehörige stereoskopische Halbbild zu zeichnen. Selbstverständlich ist eine solche Aufgabe, wenn es sich nicht um geometrisch genau definierte Figuren handelt, vieldeutig; es lassen sich aber dennoch gewisse Erleichterungen von allgemeinerer Bedeutung angeben. Es sei hier auf den HARDIEschen Aufsatz (*4.*) verwiesen, der sich durch besondere Klarheit empfiehlt.

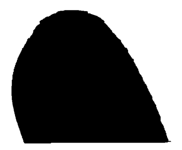
Es ist daher auch nicht verwunderlich, daß um diese Zeit ein unternehmender Verleger, L. REEVE (*1.*), den Versuch machte, eine stereoskopische Zeitschrift, *The Stereoscopic Magazine* herauszugeben. Wenn er, wie es scheint, daran gedacht hat, auch belehrend zu wirken, so hat er diese Absicht bald aufgegeben und sich auf die monatliche Herausgabe von Stereogrammen mit beschreibendem Text beschränkt.

Dieses Unternehmen hat sich etwa sieben Jahre, bis zur Zeit des gä-
lichen Niederganges, erhalten. Wann die zweite stereoskopische Z-
schrift desselben Verlegers, *The Stereoscopic Cabinet*, von ihrem E-
ereilt wurde, geht aus der hier benutzten Literatur nicht hervor.

Eine theoretische Arbeit erschien in dieser Zeit aus der Feder v
W. B. Rogers (*1.*), worin dieser amerikanische Forscher auf die d-
verschiedenen Formen der Stereoskope gemeinsame Trennung der A-
kommodation von der Konvergenz aufmerksam machte. Sie müsse imm-
auftreten, wenn der dargestellte Gegenstand auch nur eine einigermaß-
große Tiefenausdehnung habe, denn eine Übereinstimmung könne -
bestehen für die Punkte einer einzigen Ebene, aber nicht mehr für d-
Punkte eines in die Tiefe ausgedehnten körperlichen Objekts. Au
er wies wieder sehr deutlich auf die Wichtigkeit hin, die verschieden-
Teile des im Stereoskop erscheinenden Objekts nacheinander zu b-
trachten. Seine Theorie erfuhr Einspruch von Sir David Brewster (*14.*
da sie sich mit seinem Grundgesetz (*law of visible direction*) nicht -
Einklang bringen lasse.

Eine sehr anziehende kurze Zusammenstellung der Entwicklungs-
geschichte des Stereoskops veröffentlichte bald danach J. Tyndall (*1.*
der infolge seines Bildungsganges besonders dafür geeignet war. Er nahm
nicht ganz den hier vertretenen Standpunkt ein, indem er beispielswei-
die Tapetenbilder noch nicht H. Meyer zuschrieb, aber sein aufrichtige
Bestreben nach Unparteilichkeit verdient eine besondere Anerkennung
Bei der Besprechung der beiden Theorien von Ch. Wheatstone un-
E. Brücke wies er darauf hin, daß auch bei ganz unbeweglichen Augen
eine richtige Deutung der Lokalzeichen möglich sein würde. Seine au-
deutschen Angaben übernommene Anerkennung der Moserschen Priorität
für die Anwendung der photographischen Verfahren auf die Zwecke de-
Stereoskopie nahm er, eines Besseren belehrt, ausdrücklich zurück.

Den Schluß in der Behandlung dieses Zeitraumes mag die Be-
sprechung von Ansichten bilden, die von einigen deutschen Liebhabern
des Stereoskops entwickelt wurden, und in denen ein sehr bedeutender
Fortschritt zur Erkenntnis des wirklichen Strahlenganges gemacht wurde.
Bei dem vollständigen Mangel an Schulung in den photographischen
Verfahren suchten diese Experimentatoren die Photogramme durch per-
spektivische Zeichnungen zu ersetzen, und diese Bestrebungen erwiesen sich
als nützlich, indem nach der sorgfältigen Ausführung der perspektivischen
Konstruktionen die Einhaltung des richtigen Abstandes und die übrigen
Erfordernisse der richtigen Betrachtungsweise weniger leicht übersehen
wurden. Den Anfang mit solchen ganz korrekten Zeichnungen scheint
der Mathematiklehrer J. M. Hessemer (*1.*) in Frankfurt a. M. gemacht
zu haben, der um die Mitte der fünfziger Jahre bei dem Albertschen
Verlage zwei Folgen stereometrischer Zeichnungen erscheinen ließ. E-



ging bei der Anfertigung in der alten Weise vor, bei der man aus einem Grundriß und einem Seitenriß des zu zeichnenden Körpers leicht die beiden, für jedes Auge in aller Strenge geltenden Zeichnungen entwerfen konnte. Er berücksichtigte dabei sowohl den Fall, wo sich die Sehrichtungen hinter, als den, wo sie sich vor der Zeichenebene schnitten, und auch ihm fielen die dabei verschiedenen scheinbaren Größen auf. Gewiß ist seinerzeit auch Ch. Wheatstone in dieser Weise vorgegangen, aber seine Methoden wurden bald durch die viel leistungsfähigeren aber weniger durchsichtigen photographischen Verfahren ersetzt, während hier die viel einfachere Methode noch gute Früchte tragen sollte.

Denn sofort nahm der schon öfter genannte J. J. Oppel (*2.*) diese Idee auf, und zwar beabsichtigte er zunächst, das Raumbild doppelt gekrümmter Kurven im Stereoskop zu erhalten, indem er mit Hilfe der perspektivischen Konstruktion eine Reihe einzelner Punkte für die beiden Halbbilder festlegte. Bei einem solchen Verfahren waren die beiden Gesichtspunkte so über allen Zweifel festgelegt, daß ein gründlicher Kopf wie J. J. Oppel auf die Schwierigkeit stoßen konnte, die anscheinend allen von der Photographie ausgehenden Forschern entgangen ist, nämlich daß bei der Betrachtung solcher ebenen Bilder die beiden Zentren des direkten und des indirekten Sehens miteinander im Streit liegen. Seine Ausführungen sind so deutlich und schön, daß sie hier Platz finden mögen: „Überhaupt aber stellt sich der vollkommenen Wirkung „derartiger stereoskopischer Zeichnungen noch eine Schwierigkeit entgegen, die wohl nicht zu beseitigen sein wird, und auf welche meines „Wissens noch Niemand aufmerksam gemacht hat. Es kann nämlich im „günstigsten Falle höchstens gelingen, die fraglichen Bilder so zu zeichnen, „daß jeder Punkt derselben für das direkte Sehen, d. h. für die auf „ihn gerichteten beiden Augenachsen an der gehörigen Stelle erscheint. „Während nun aber beim Betrachten eines (in solcher Nähe gesehenen) „körperlichen Gegenstandes das Auge von Punkt zu Punkt weiter gleitet, „erleiden zugleich die Projektionen der indirekt (außerhalb der Augen„achse) noch mit gesehenen Punkte auf der Retina eine relative Ver„schiebung, die durch ebene Zeichnungen nicht nachzuahmen ist, und „deren Mangel sich namentlich bei solchen Figuren, wo die Kanten „und Striche nahe beieinander liegen und sich mannigfach durchkreuzen, „in störender Weise bemerklich machen kann."

Schon im nächsten Jahre veröffentlichte er (*3.*) eine Fortführung seiner Studien, die ihn schon im Mai 1856 zu der Meinung führten, daß man bei Landschaftsaufnahmen ohne nahen Vordergrund mit identischen Bildern müsse auskommen können. Handele es sich aber um Gegenstände mit viel geringeren Tiefenverschiedenheiten, als sie bei Landschaftsaufnahmen vorkämen, so könne man auch mit identischen Bildern auskommen, wenn die Gegenstände viel näher lägen. So gäbe es gewisse

sehr flache Basreliefs in den Sammlungen des *Louvre*-Palastes, die v
den Augen noch nicht $6^1/_2$ m abständen und auch keiner verschieden
Bilder zu einer sehr täuschenden Tiefenwirkung bedürfen würden. F
seine Versuche auch mit identischen Bildern konstruierte er ein dem e
sprechenden WHEATSTONEschen ähnliches, linsenloses Stereoskop zunä
in der Weise, daß sich die Blicklinien hinter den Ebenen der Halbbil
schnitten. Er konnte damit feststellen, daß die Trennung der Ha
bilder während des Versuchs in ziemlich weiten Grenzen geändert wer
könne, ohne daß man es merke. Die Halbbilder für diese Versu
waren wieder, da ihm kein photographischer Apparat zur Verfügung sta
Handzeichnungen oder geometrische Konstruktionen. Als er von de
FAYEschen Versuche gehört hatte, experimentierte er auch mit die
einfachen Vorkehrung, wobei es ihm zustatten kam, daß er seinen Blic
linien eine sehr merkbare Divergenz — zwischen $7^1/_3$ und 8 Graden -
geben konnte. Die französischen Stereogramme, die ihm hierfür als Ve
suchsobjekte dienten, waren wohl nicht besonders sorgfältig hergest
worden, vor allem aber gehörten sie offensichtlich zu BREWSTERsche
Prismenstereoskopen und zeigten stereoskopische Differenzen homolog
Punkte bis zu 104,5 mm, was denn doch auch für ihn zu viel war; bi
zu 102,3 mm konnte er aber, wenn auch unter Schwierigkeiten, komme
Es ist ganz charakteristisch für die Anspruchslosigkeit jener Zeit, da
ein wissenschaftlich gebildeter Mann von so lebhaftem Interesse und i
einem Handelszentrum wie Frankfurt noch 1856 nichts davon gehört
hatte, daß namentlich in England schon Bücher erschienen waren, di
mit Stereogrammen illustriert waren. Wenn H. FAYE (s. S. 85), dies a
bekannt voraussetzend, seine Vorkehrung auch zur Betrachtung solcher
Illustrationen empfahl, so bemerkte J. J. OPPEL dazu nachdenklich: „. . . so
„muß ich bekennen, daß ich mir das nicht recht vorzustellen vermag; –
„man müßte denn annehmen, daß die in Büchern etc. befindlichen natur
„historischen Zeichnungen — absichtlich zu diesem Zwecke entworfen
„stereoskopische Doppelbilder wären (?)."

Was nun noch auf J. J. OPPEL (*5.*) zurückgeht, ist sehr wenig. E
veröffentlichte 1859 ein Stereoskop zum Sehen mit gekreuzten Achsen
wie es bereits von CH. WHEATSTONE (s. S. 40) beschrieben worden war, und
konstruierte dazu mit außerordentlicher Mühe Halbbilder geometrischer
Körper, so die eines regelmäßigen 80flächigen Polyeders, das aus einem
regulären Ikosaeder abgeleitet worden war. Auch Versuche über den
Glanz stellte er mit diesen Halbbildern an und leitete ferner die Folgen
ab, wie sie eintreten, wenn man solche für gekreuzte Blickrichtungen
bestimmten Halbbilder mit parallelen betrachtet. Zum Schlusse kam
er auch noch auf die Tapetenbilder zu sprechen, die er mit Steiftüll
herstellte.

Seine letzte Arbeit nahm Bezug auf die Verhältnisse der Akkom-





modation beim Betrachten von Stereogrammen; sie wird hier nicht besprochen, da ihr Inhalt nicht zu dem vorliegenden Thema gehört.

Versucht man zu einem zusammenfassenden Überblick über die Leistungen in diesem Zeitraume zu kommen, so wird man zweckmäßig zwischen den verschiedenen Zweigen der Stereoskopie zu scheiden haben.

Die wissenschaftliche Stereoskopie erfuhr durch den Wheatstoneschen Vortrag und die Erfindung der vielen verschiedenen Stereoskope große Förderung, die anerkannten Größen physikalischer Forschung beschäftigten sich mit diesem reizvollen Gebiet, und glänzende Namen, wie Airy, Brewster, Claudet, Crookes, de la Rue, Herschel, Tyndall, Wheatstone in England, wie Dove, Helmholtz, Oppel, Rollmann in Deutschland, d'Almeida in Frankreich, sind mit den Fortschritten auf diesem Gebiet verbunden. Dabei ist der Unterschied ganz charakteristisch, daß die Engländer sämtlich entweder selbst photographierten oder doch mit ausübenden Photographen in enger Verbindung standen, während das bei den deutschen Gelehrten dieser Zeit kaum vorkam. Die Folge davon war die, daß in dem erstgenannten Sprachgebiete die Wiedergabe der Erscheinung außerordentlich intensiv und erfolgreich betrieben wurde, wie die herrlichen Arbeiten Warren de la Rues beweisen, und wie es auch durch die Ausbildung des stereoskopischen Mikroskops bezeugt wird. Von alledem war in Deutschland kaum die Rede. Hier wurden die Versuche bevorzugt, die physiologische Erkenntnis fördern und nebenbei mit einem Minimum von Apparaten angestellt werden konnten. Man sieht daher die Doveschen und die Rollmannschen Versuche fast ausschließlich mit Zeichnungen symmetrischer Körper angestellt und findet ein sorgfältiges Studium des Glanzes in einer so gut wie immer von der bekannten Erscheinungsform losgelösten Gestalt. Nebenbei wurden auch wichtige Änderungen am Apparat erforscht, wie das Dovesche Stereoskop mit den beiden Amicischen Prismen, die Doveschen Instrumente für Bilder verschiedener Größe und die Rollmannsche Methode der Farbenprojektion, aber mit der Feststellung dieser Möglichkeit erlosch auch das Interesse. — In den verschiedenen Ländern wurde lebhaftes Interesse einerseits den pseudoskopischen Instrumenten entgegengebracht, andererseits zeigten sich die ersten Untersuchungen über Homöomorphie. Die Entwicklung dieser beiden Ideen führte in England schon im Anfang der fünfziger Jahre verschiedene Erfinder unabhängig zur Konstruktion des Telestereoskops mit und ohne Fernrohrvergrößerung, und gegen Schluß der hier behandelten Periode erhielt dieses Instrument durch H. Helmholtz seine Theorie und seine weitere Verbreitung.

Die rein geschäftsmäßige Versorgung des Marktes mit Stereoskopen und Stereogrammen begann erst in dieser Periode. Durch die Londoner Industrieausstellung vom Jahre 1851 wurde das Brewstersche Instrument weiten Kreisen bekannt und erlangte eine geradezu ungeheure Verbreitung.

Die Form, in der es abgesetzt wurde, war in Frankreich gefunden worden, und dieses Land lieferte fortdauernd namentlich Stereogramme in gewaltigen Mengen. Die Entwicklung ging zu rasch vor sich, um gesund zu sein, förderte aber namentlich in der ersten Zeit die allgemeine Entwicklung, indem reizvolle Methoden, wie die der Glasbilder, für diesen Zweck ausgearbeitet wurden. Eine große Gefahr lag in der Urteilslosigkeit des Publikums, die dazu aufforderte, den stereoskopischen Eindruck zu übertreiben, und in der Tat hat man bald diesem Hange in einem ganz verderblichen Maße nachgegeben, wie es sich schon im nächsten Abschnitte zeigen lassen wird.

Die aussichtsreichste Entwicklung sollte auf die erwachende Teilnahme der Amateurphotographen folgen. Hier behauptete, wie es nach der Ausgestaltung seines Vereinslebens ganz natürlich war, England den unbestrittenen Vorrang, zumal da in Frankreich die Anteilnahme dieser Interessentenklasse, die von der der großen Stereoskop-Exportfirmen wohl zu trennen ist, bald zu erlöschen scheint. — Die Amateurphotographen entwickelten schon früh — es ist nicht sicher, wer unter ihnen zuerst — die Aufnahmecamera mit parallelen Achsen, während zunächst CH. WHEATSTONES Konvergenzaufnahmen üblich gewesen waren, was nicht immer sehr klärend gewirkt hatte. Aber unter der Anweisung sehr tüchtiger Männer, unter denen neben einigen Wissenschaftern namentlich G. SHADBOLTS Erwähnung zu tun ist, wurde Ordnung unter die zuerst etwas wirren Ideen gebracht. Man mäßigte sich in der Trennung der Objektive und begann die Entwicklung des WHEATSTONEschen Linsenstereoskops ohne Prismenwirkung. Ganz zweifellos hat der kameradschaftliche Wetteifer und die sachliche Kritik, die sich in den englischen Arbeitsvereinen fanden, zur Hebung des Wertes der Erzeugnisse beigetragen. Auch finden sich wenigstens Ansätze zu einer richtigen Theorie des Stereoskops. Bedauerlich aber blieb es, daß nirgendwo in einer verständlichen Weise die Rolle auseinandergesetzt wurde, die die photographischen Objektive bei einer stereoskopischen Aufnahme spielten; fehlte es daran doch auch für die Einzelaufnahmen vollständig. Die Beziehung der Augen zu den beiden Halbbildern war vollends ungeklärt geblieben, und man hat damals wohl immer das Auge bei der Betrachtung als ruhend angenommen. — Es berührt sehr angenehm, daß die einzigen und gar nicht einmal sehr verkümmerten Ansätze zu richtigen Ansichten von einem Manne gemacht wurden, dem das gut ausgebildete Instrumentarium der englischen Amateure fehlte: es war J. J. OPPEL. Er mußte sich seine Halbbilder auf dem mühsamen Wege der perspektivischen Konstruktion anfertigen. Daher waren ihm die Elemente der Perspektive, die der photographische Apparat den Benutzern unbewußt einhielt, recht lebhaft gegenwärtig, und es fiel ihm auf, daß eine strenge Homöomorphie nur insofern möglich ist, als man sich auf die Wiederholung der im direkten Sehen erhaltenen

Eindrücke beschränkt. So gelang denn diesem einsamen Vertreter der deutschen Amateure eine wichtige Förderung der Theorie in der Zeit des lebendigsten photographischen Fortschrittes merkwürdigerweise eben darum, weil er selbst nicht photographierte.

Im großen und ganzen waren die Aussichten der Stereoskopie am Ende der fünfziger Jahre noch recht glänzend; wenn sich auch die hohe Wissenschaft von diesem anscheinend erschöpften Thema zurückzuziehen begann, so konnte die Ausbreitung des Interesses in den Kreisen der intelligenten Amateure diesen Verlust sehr wohl ersetzen, und die geradezu staunenswürdige Popularität des Instruments schien eine glänzende Zukunft noch auf Jahrzehnte hinaus zu gewährleisten.

4. Der Niedergang der Stereoskopie in den sechziger Jahren.

Zunächst war in dem neuen Jahrzehnt kein Mangel an Interesse zu bemerken, was sich namentlich bei der Entwicklung der binokularen Mikroskopie erkennen läßt. Die Veränderungen, die sich bei der literarischen Behandlung der allgemeinen Stereoskopie zeigten, lassen sich ungezwungen aus der Annahme erklären, daß die photographischen Verfahren in ihrer Anwendung auf die Stereoskopie bereits so weit durchgearbeitet waren, daß man von einer eingehenderen Besprechung absehen konnte. Wahrscheinlich fielen aus diesem Grunde die Angaben über die Aufnahmeapparate und -methoden dieser Zeit besonders dürftig aus.

Die weitere Vervollkommnung der binokularen Mikroskope.

Das Interesse der Mikroskopiker an dem binokularen Mikroskop hatte in der letzten Hälfte der fünfziger Jahre völlig geruht, und es ist im wesentlichen das Verdienst des Ingenieurs F. H. Wenham, daß es am Anfange des vorliegenden Zeitraumes wieder erwachte und nun auch rege blieb.

Schon im Frühsommer 1860 brachte F. H. Wenham (*5.*) seine erste orthoskopische Einrichtung heraus, und zwar wurden bei ihr die Strahlen aus beiden Hälften des Objektivs wieder durch ein *Refraktionsprisma* in die zugehörigen Okulare geleitet. Dieses Prisma war aber jetzt so geformt, daß sich die Strahlen überkreuzten, d. h. ähnlich wie bei der Nachetschen Form die aus der rechten Objektivhälfte stammenden Strahlen in das linke, und die aus der linken kommenden in das rechte Huygensische Okular gelangten (Fig. 59, S. 112). Die Einstellung auf den Augenabstand wurde durch das Ausziehen der Okulare bewirkt, und zwar

hatte der Erfinder eine Variation von 54 bis auf 70 mm vorgesehen. Das Refraktionsprisma war außerordentlich dünn, an der stärksten Stelle nur 2,4 mm stark, und die Ablenkung durch die Brechung infolge der Länge des englischen Tubus wie bei der ersten Form (s. S. 72) nur verhältnismäßig gering, aber F. H. WENHAM hielt es doch für nötig, darauf hinzuweisen, daß die Halbierung der Objektivöffnung nicht eben vorteilhaft auf die Bildgüte wirke.

War somit ein einfaches und, soweit es möglich war, leistungsfähiges Binokularmikroskop hergestellt worden, so beruhte doch seine Konstruktion immer noch auf den symmetrisch angeordneten Rohren eines Doppeltubus (Fig. 60). Es waren daher einmal ziemlich große Kosten für die erste Anschaffung notwendig, und ferner war es unmöglich, ein solches binokulares Mikroskop gelegentlich auch in der gewöhnlichen und für die Bildqualität günstigeren Weise, d. h. unokular zu benutzen.

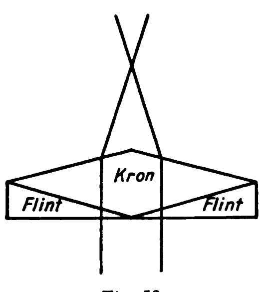


Fig. 59.
F. H. WENHAMS (*5.*) erstes achromatisches Refraktionsprisma mit orthomorpher Wirkung.

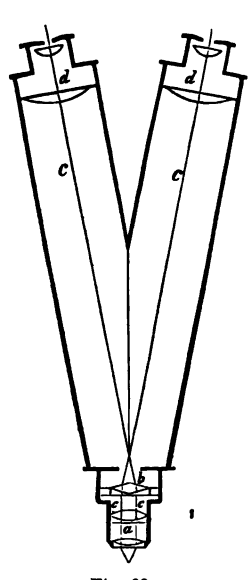


Fig. 60.
Der zu dem Refraktionsprisma gehörige symmetrische Doppeltubus.

Man hat nun mit Erfolg versucht, diese Beschränkung abzustellen, sei es in der in England bevorzugten Art, wo das binokulare Mikroskop asymmetrisch gebaut wurde und einen Haupt- und einen Nebentubus führte, oder mit dem von nichtenglischen Optikern ausgebildeten stereoskopischen Okular.

Bereits im Dezember von 1860 gab F. H. WENHAM (*6.*) sein verdienterweise sehr beliebt gewordenes *Reflexionsprisma* an. Wie man aus der Figur ersieht, wurden auch hier die beiden Objektivhälften gesondert zur Erzeugung der beiden überkreuzten Halbbilder verwandt. Doch nur die Strahlengruppe aus der rechten Objektivhälfte wurde abgelenkt, die aus der linken stammende ging direkt zu dem rechten Auge des Beobachters (Fig. 61). Es ließ sich nicht vermeiden, daß das

dem linken Auge dargebotene Objektivbild eine etwas stärkere Vergrößerung zeigte, und der Erfinder empfahl daher, diesen Unterschied durch verschiedene Auszugslänge der Okulare auszugleichen oder verschieden starke Okulare zu wählen. Bei ganz starken Objektiven rückte F. H. Wenham (*7.*) das Reflexionsprisma möglichst nahe an die letzte Fläche heran, um eine partielle Verdunkelung des Gesichtsfeldes möglichst zu vermeiden. Der Grund dafür war, wie E. Abbe (*1. 199.*) später gezeigt hat, der, daß die Teilung der Büschel, die von Rechts wegen genau in der Ebene der Austrittspupille hätte vorgenommen werden müssen, bei starken Objektiven notwendigerweise erst in einer ziemlichen Entfernung davon erreicht werden kann. Wollte man das Instrument als ein unokulares gebrauchen, so zog man den das Prisma c tragenden Schieber einfach fort (Fig. 62).

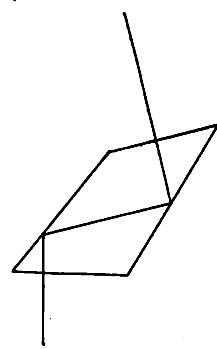


Fig. 61.
F. H. Wenhams (*7.*) Reflexionsprisma.

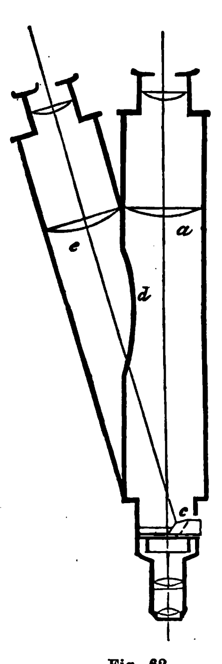


Fig. 62.
Der zu dem Reflexionsprisma gehörige unsymmetrische Doppeltubus.

Die in dieser Weise vorgeschlagene Einrichtung hat sich in England dauernd einer großen Beliebtheit erfreut, und noch heute werden große Stative verschiedener wichtiger Mikroskopfirmen ständig mit ihr ausgestattet. Dem kontinentalen Mikroskop, das seiner kürzeren Tubuslänge entsprechend eine stärkere Ablenkung durch das Reflexionsprisma erfordern würde, ist diese Wenhamsche Konstruktion nicht häufig angepaßt worden.

Einige Jahre später, 1863 und 1864, berichtete F. H. Wenham (*8.*) ausführlicher über seine etwa ein Jahrzehnt früher angestellten Versuche mit mikrophotographischen Aufnahmen für das Stereoskop. Er teilte mit, daß er schon 1854 im Besitze der Kenntnis gewesen sei, daß zwei Aufnahmen mit je verschieden gerichteten Beleuchtungskegeln ein gutes

Relief ergeben, namentlich dann, wenn man Objektive großer Öffnung bei der Aufnahme benutze.

Die Veröffentlichung des WENHAMschen Reflexionsprismas gab offenbar R. BECK (*1.*) die Idee ein, eine unsymmetrische binokulare Lupe vorzuschlagen. Er verwandte nur eine Hälfte der RIDDELLschen Spiegelkombination, während die andere Hälfte der Lupe ihre Strahlen direkt in das Auge des Beobachters sandte. Da er die Lupe für normale, auf die Ferne akkommodierte Augen eingerichtet hatte, so führte die Verlängerung des Lichtweges auf der linken Seite keinen Unterschied in der Vergrößerung herbei.

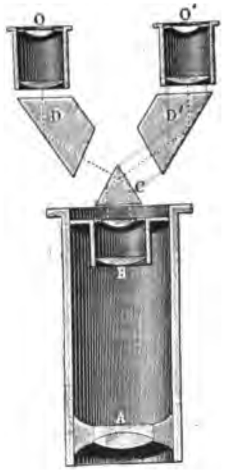


Fig. 63.
Das stereoskopische Okular von R. B. TOLLES (*1.*) nach dem Neudruck von 1890.

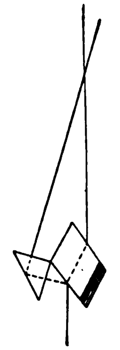


Fig. 64.
POWELL und LEALANDS binokulare Einrichtung nach W. B. CARPENTER (*3. 111.*).

Bald darauf schlug der amerikanische Mikroskopfabrikant R. B. TOLLES (*1.*) wohl als erster ein eigentliches stereoskopisches Okular vor (Fig. 63), das er für Mikroskope sowohl wie für Fernrohre zu benutzen empfahl. Er hatte sehr deutlich erkannt, daß eine gleichmäßige Teilung der Strahlenbüschel durch ein ablenkendes Prisma nur erreicht werden könne, wenn man es in die Austrittspupille des Objektivs selbst oder in ein von ihr entworfenes Bild bringe. Daher bildete er die Austrittspupille durch ein Umkehrsystem — ein umgekehrtes HUYGENSisches Okular — reell ab und brachte dahinter die NACHETsche Prismenkombination an. In der hier benutzten Literatur findet sich keine Angabe, daß auch für Fernrohre solche stereoskopischen Okulare gebaut worden seien.

Ungefähr um dieselbe Zeit mag auch die binokulare Einrichtung von H. POWELL und . . LEALAND veröffentlicht worden sein (Fig. 64),

denn F. H. WENHAM (*9.*) nahm auf sie schon im Frühjahre von 1866 Bezug. Man findet sie in dem Werke von W. B. CARPERNTER (*3. 110—111.*) über das Mikroskop beschrieben. Dicht über das Objektiv wird eine gegen die Achse des Mikroskops unter etwa 45 Graden geneigte, dicke Glasplatte gesetzt, die alle Strahlen passieren müssen, wobei sie sich an der Unterfläche in zwei Teile von verschiedener Intensität spalten. Der hindurchtretende Teil gelangt ohne Richtungsänderung in den Haupttubus und dann in das eine Auge des Beobachters. Der an der Unterfläche zurückgeworfene Teil passiert ein Ableseprisma, das ihn nach der Überkreuzung in den Nebentubus lenkt. Da hier jeder einzelne Strahl gespalten wird, so handelt es sich um eine neue Art der Büschelteilung, und es ist der Ort gleichgültig, an den die teilende Einrichtung gebracht wird. Die Erfinder setzten sie dicht über das Objektiv, um sie ohne Schwierigkeit gegen das WENHAMsche Reflexionsprisma auswechseln

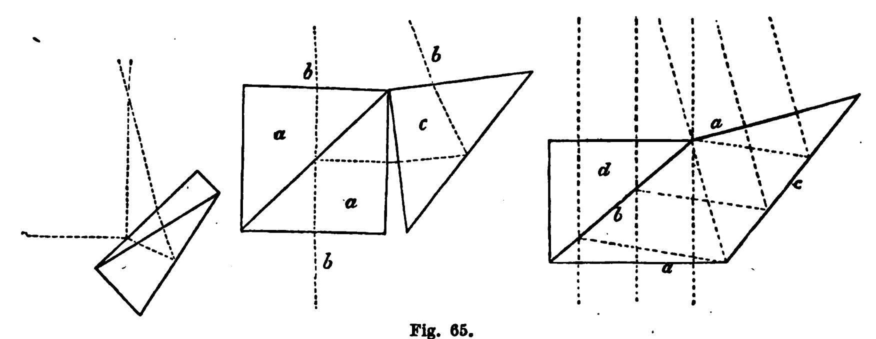


Fig. 65.
Die drei Einrichtungen F. H. WENHAMS (*9.*) für ein binokulares Mikroskop.

zu können. Diese Einrichtung war nicht stereoskopisch — da beide Augen dasselbe Bild erhielten, so war nur ein zweiäugiges Sehen ermöglicht — doch war die Qualität des Bildes wohl besser, und es trat auch bei ganz starken Mikroskopobjektiven keine partielle Verdunkelung des Gesichtsfeldes ein. Man machte hier wohl zuerst die Erfahrung, daß eine gute Vereinigung zweier Bilder auch dann erreicht wird, wenn das eine von ihnen viel lichtschwächer ist als das andere.

Die gleichen Effekte hat dann schon 1866 F. H. WENHAM (*9.*) mit seiner Einrichtung für nur zweiäugiges Sehen erreicht. Er schlug die verschiedenen, nebenstehend (Fig. 65) abgebildeten Formen vor, von denen die erste für ein Mikroskop mit gebrochener Achse bestimmt war. Er hielt aber die Anfertigung für so außerordentlich heikel, daß er eine regelmäßige Herstellung für ausgeschlossen erachtete. Die in den beiden letzten Formen vorkommende dünne Luftschicht, die jeden einzelnen Strahl in zwei Teile spaltete, von denen einer in der Anfangsrichtung durchgelassen, der andere seitwärts reflektiert wurde, findet sich aber

8*

nicht zum erstenmal. Man sieht ohne weiteres ein, daß sie bereits mehr als drei Jahre vorher in einem, H. SWAN (*3.*) erteilten Patente beschrieben worden war. Diese Priorität ist F. H. WENHAM anscheinend vollständig entgangen.

Merkwürdig aber ist es, daß er nun nicht die Probe auf seine Theorie vom Jahre 1854 (s. S. 73) machte und die identischen Büschel an zwei entgegengesetzten Stellen abblendete. Aus der hier benutzten Literatur ist nicht zu ersehen, warum er diesen Versuch unterlassen hat.

Das rege Interesse an den binokularen Instrumenten, wie es sich in den Kreisen der englischen Mikroskopiker betätigte, war für A. NACHET der Anlaß, mit einigen sehr eleganten Neuerungen auf den Markt zu kommen, die durch W. B. CARPENTER (*2.*) beschrieben wurden.

Er änderte das auch von ihm hergestellte Präpariermikroskop RIDDELLscher Art in der Weise ab, daß er zur Steigerung der Vergrößerung von einer 10- auf eine 35- bis 40fache in die Okulare Konkavlinsen legte und dadurch als erster den Typus der BRÜCKEschen Lupe für die beidäugige Beobachtung benutzte.

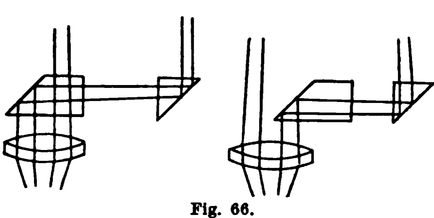


Fig. 66.
A. NACHETS stereo-pseudoskopisches Binokularmikroskop nach W. B. CARPENTER (*2.*).

Sein *stereo-pseudoskopisches Binokularmikroskop* hatte die in der nebenstehenden Zeichnung (Fig. 66) angegebene Form. Überkreuzten sich die Strahlen, so erhielt man ein orthomorphes Raumbild und ein pseudomorphes, wenn man mit einer einfachen Verschiebung der Prismen die Überkreuzung aufhob.

Die zuletzt beschriebene elegante Vorrichtung erregte ein großes Interesse, und bald darauf brachte CH. HEISCH (*1.*) einige Verbesserungsvorschläge vor, die im wesentlichen darauf hinausliefen, den Glasweg in den Prismen möglichst zu verkürzen und die Anpassung an den Augenabstand des Beobachters abzuändern. Wenn er in dem bequemen Übergang von der Ortho- zu der Pseudomorphie ein Mittel sah, um in Zweifelsfällen Niveaudifferenzen festzustellen, so kann man ihm darin wohl recht geben.

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, daß das regste Interesse für das binokulare Mikroskop zu einer Zeit erwachte, wo die Teilnahme an dem Stereoskop schon im Erlöschen war. Sicherlich haben die glänzenden Leistungen F. H. WENHAMS den größten Anteil an dieser schönen Entwicklung gehabt, aber aus dem Umstande, daß die Verbreitung der beidäugigen Mikroskopie im Wesentlichen auf England beschränkt blieb, kann man doch wohl schließen, daß sie auch von dem Verständnis abhing, das die Benutzer ihrem Instrument entgegenbrachten. Ganz ähn-

lich wie auf dem Gebiete der Photographie bereiteten auch in der Mikroskopie die musterhaften Arbeitsgesellschaften Englands den Boden, auf dem die Erfolge erwuchsen. Denn in den Vereinigungen für Mikroskopie wurden nicht allein die Ergebnisse mikroskopischer Forschung bekannt gegeben, sondern man schenkte auch dem Instrumentarium die ihm gebührende Aufmerksamkeit und Teilnahme. Es ist nicht verwunderich, daß sich in den Kreisen der Mikroskopiker auch Ansichten über die Erfindung des Stereoskops erhielten, die weniger parteiisch gefärbt waren als die sonst in der englischen Fachpresse üblichen. W. B. CARPENTER (*3. 57—60.*), wie es nach seinen Äußerungen scheint, ein persönlicher Bekannter CH. WHEATSTONES, gab in seinem vielgelesenen Buche eine CH. WHEATSTONE durchaus gerecht werdende Schilderung.

Von dieser erfolgreichen Entwicklungszeit sollte den englischen Mikroskopikern der Gewinn eines zweckmäßig konstruierten und weit verbreiteten Binokularmikroskops auch für die Folgezeit erhalten bleiben.

Die Praxis der stereoskopischen Aufnahmen.

In erster Linie sei der österreichische Photograph A. OST (*1.*) erwähnt, nicht so sehr wegen der Wichtigkeit seiner Mitteilung, sondern weil diese ein gutes Bild gibt von den Methoden, wie sie sich augenscheinlich in einer schon etwas zurückliegenden Zeit in England herausgebildet hatten. Man erkennt aus seinen Vorschriften unschwer die Idee der WHEATSTONEschen Konvergenzaufnahmen, doch ist es charakteristisch und wurde auch von ihm zu der französischen Praxis in deutlichen Gegensatz gestellt, daß keine gewaltigen Objektivtrennungen empfohlen wurden. Für Gruppen soll der Objektivabstand 8—15 cm betragen, für Gebäude $^1/_4$—$^1/_3$ m, für Landschaften $^1/_3$—$^1/_2$ m, und für Landschaften mit besonders großer Fernsicht $^3/_4$—1 m. Für die Aufnahmen wurde besonders die Vermeidung des sehr störenden Höhenfehlers eingeschärft.

Hierher gehört auch das stereoskopische Handbuch von H. DE LA BLANCHÈRE (*1.*), das, nach der Vorrede zu schließen, um 1860 erschienen ist. Man merkt von einem Rückgange des Interesses noch nichts, und der Verfasser, der sich als Maler und Photograph einführt, hat eine gute Kenntnis des in Frankreich und in England geleisteten besessen. Das Hauptgewicht legte er auf die Praxis, doch wandte er auch theoretischen Erwägungen seine Aufmersamkeit zu. Er stützte sich in hohem Maße auf Sir DAVID BREWSTERS Buch, ließ aber auch anderen und namentich CH. WHEATSTONE Gerechtigkeit widerfahren. Daß die Besprechung der BREWSTERschen Vorschläge einen größeren Raum einnimmt, ist ganz natürlich und ebenso die eingehende Aufführung der DUBOSCQschen Konstruktionen. Wenn er (*1. 70.*) das Prinzip des WHEATSTONEschen Linsenstereoskops dem Pariser Optiker . . HERMAGIS zuschrieb, so kann man

ihm daraus um so weniger einen Vorwurf machen, als diese Priorität CH. WHEATSTONES anscheinend stets übersehen worden ist. — Bei der Beschreibung der Verfahren spielten noch immer die Verschiebungsaufnahmen eine große Rolle, weil sie eine Steigerung des Reliefs ermöglichten, die Doppelcameras mit parallelen Achsen behaupteten für ihn einen Vorrang nur für die Aufnahme von bewegten Szenen. Daß diese Instrumente überhaupt ein Relief ergäben, nahm ihn (*1. 188.*) eigentlich wunder.

In der etwa gleichzeitigen Mitteilung TH. SUTTONS (*5.*) über die Stereoskopcamera des mit ihm befreundeten Optikers TH. ROSS findet sich ein Bericht über neuere englische Methoden. Hier handelt es sich um eine Parallelcamera mit einer sehr vollständigen Ausrüstung. Die Camera hatte eine neigbare Mattscheibe, um das Stürzen der vertikalen Linien zu vermeiden. Ihr waren drei Objektivpaare beigegeben, nämlich ein Paar anastigmatischer Porträtobjektive und ein Paar solcher mit Bildfeldebenung im übertragenen Sinne, beide von $11^1/_2$ cm Brennweite, und dann noch ein Paar einfacher Landschaftslinsen mit Vorderblende von 15 cm Brennweite und einer relativen Öffnung von 1 : 12. Man kann aus der Anzeige einer so vollständigen und selbstverständlich kostspieligen Ausrüstung mit Sicherheit den Schluß auf ein lebhaftes Interesse des Publikums ziehen.

O. N. ROOD (*2.*) behandelte nicht viel später mikrophotographische Aufnahmen, für die er die Anwendung der Wippe lebhaft empfahl. Doch findet sich in seinem Artikel kein Hinweis darauf, daß solche mikrophotographischen Stereogramme genau wie die Mondaufnahmen W. DE LA RUES eines besonderen Stereoskops bedürften, wenn sie richtig wirken sollten.

Die wichtigste Veröffentlichung in diesem Zeitraume, was Aufnahmemethoden anlangt, stammt aber von dem schottischen Astronomen CH. PIAZZI SMYTH (*2.*). Er war in dem Jahre 1865 in Ägypten gewesen, um die große Pyramide zu studieren, über die er sich sehr eigentümliche Ansichten gebildet hatte, indem er ihre Anlage auf unmittelbare Inspiration zurückführte. Um mit seinen bescheidenen Mitteln viel zu leisten, war er in einer sehr praktischen Weise vorgegangen. Seine Metallcamera war mit einem PETZVALschen Porträtobjektiv von 4,6 cm Brennweite ausgestattet und führte Platten des kleinen Formats von 2,5 : 2,5 cm. Das Bildfeld umfaßte also nur einen Diagonalwinkel von 43 Graden. Der gute Korrektionszustand des gewählten Typus sicherte besonders scharfe Bilder, und das feine Korn des nassen Verfahrens gestattete, in der nachträglichen Vergrößerung der Bildchen sehr weit zu gehen. Aus zwei dasselbe Objekt enthaltenden Negativen suchte er die für ein Stereogramm passenden Teile mit Hilfe eines zu diesem Zwecke konstruierten Doppelmikroskops heraus. Dabei war die Einrichtung getroffen worden, daß jedes Negativ für sich in seiner Ebene sowohl vorwärts und rück-

wärts als auch nach rechts und links verschoben und außerdem gedreht werden konnte. Die Vergrößerungen wurden dann so angefertigt, daß die Halbbilder des Stereogramms 68,7 mm in der Breite und 82,6 mm in der Höhe maßen, und die entsprechenden Fernpunkte 68,7 mm voneinander entfernt waren. Es wird nicht angegeben, daß er auf Homöomorphie großes Gewicht legte, und nach der Beschreibung seines Verfahrens ist ein Zweifel gerechtfertigt, daß sie stets erreicht wurde. Jedenfalls aber gelang es ihm, eine sehr befriedigende stereoskopische Wirkung zu erzielen. Über das dabei benutzte Stereoskop wird noch weiter unten zu handeln sein.

Diese Besprechung der verschiedenen neu vorgeschlagenen Apparate oder Aufnahmemethoden würde aber von der Bedeutung der Stereoskopie ein unvollständiges Bild geben, wenn man nicht auch noch betonte, wie eifrig die alten Methoden geübt wurden. Wieder ist es England — und nach den verschiedenen Schilderungen des Vereinslebens in diesem Lande wird das niemand wundernehmen — wo die Ausübung der Stereoskopie eine geradezu ideale Höhe erreichte. Man braucht nur an die wunderbaren Aufnahmen des schottischen Photographen G. W. Wilson (als Wilson's *gems* bekannt) und an die hohen Preise (das stereoskopische Glasbild wurde mit 5 M. bezahlt) zu erinnern, um verständlich zu machen, wie lebhaft das Interesse war. Einen guten Einblick in die Sorgfalt, mit der zu jener Zeit in berühmten Häusern die Stereogramme angefertigt wurden, erhält man aus den sehr interessanten Erinnerungen des tüchtigen Fachphotographen J. Harmer (*4. u. 6.*). Die Bemühungen, die auf die richtige Wiedergabe der Raum- und unter Umständen der Farbenverhältnisse verwandt wurden, sind staunenswert. Eine weitere Bestätigung des hohen Standes mancher englischen Stereoskopenfirmen liegt darin, daß sie Anstrengungen machten — und dabei sicherlich die Kosten nicht scheuten —, um aus den entlegensten Teilen der Erde gute Stereogramme von pädagogischem Werte zu erhalten.

Allerdings stand diesem durchaus berechtigten Streben, durch Erhöhung des stofflichen Reizes den Absatz zu vermehren, ein unberechtigtes gegenüber, indem minder hoch stehende Geschäftsleute das weitverbreitete Vergnügen an unsauberen Darstellungen ausnutzten, um die Forderung nach neuen Stoffen durch anstößige Bilder zu befriedigen. Es ist ganz begreiflich, daß diese auf die gröbste Geschmacklosigkeit berechneten Bilder eine ihrem gemeinen Gegenstande entsprechende, rohe Technik zeigten, und es scheinen in der Tat jene Leute, die so ihre Schweine auf diesen zunächst noch guten Markt trieben, das heute in ähnlichen Fällen beliebte Künstlermäntelchen nicht umgehängt zu haben. Eine ähnliche Vergröberung erfuhren andere durchaus berechtigte Zugmittel jener Höhenentwicklung. Da man die Feinheit der Ausführung jener idealen Glasbilder so leicht nicht hervorbringen konnte, so schob man

Darstellungen unter, bei denen man die Tiefenwahrnehmung auf alle Weise gesteigert hatte. Der Zug der Zeit kam an sich schon dieser Bestrebung entgegen, denn die Erhöhung des Reliefs war auch den größten Geistern der vorhergegangenen Epoche als etwas Erstrebenswertes an sich erschienen. Es läßt sich daher denken, daß man in dem Bestreben, die Konkurrenz aus dem Felde zu schlagen, nicht leicht eine Grenze kannte, und die Folge davon war, daß die Reliefwirkung zu vollkommener Unnatur führte und empfindlicheren Naturen den Geschmack an der Stereoskopie für immer verdarb. Hatten sich schließlich die vornehmen Geschäfte nur an ein kaufkräftiges und verständiges Publikum gewandt, und daher auch vernünftige Preise aufrechterhalten können, so mußten die Nachahmer mit der breiten, nicht sachverständigen Menge rechnen, was zu einer immer weiter gehenden Preisdrückung und einer entsprechenden Verschlechterung führte. Es wird sich zeigen lassen, daß derselbe Prozeß auch bei den stereoskopischen Betrachtungsapparaten zu verfolgen ist.

Die Betrachtungsapparate.

Die Erfindertätigkeit war auf diesem Gebiete reger als auf dem der Vorkehrungen für die Aufnahme. Eine Idee wird anscheinend von drei Konstrukteuren ganz unabhängig voneinander behandelt. Es spielte dabei eine solche Anordnung eine Rolle, daß verschiedene Teile eines einheitlichen optischen Systems für jedes der beiden Augen je eines der beiden Halbbilder eines Stereogramms abbilden.

Zunächst erschien ein sonst ganz unbekannter Amateur ... Schmalenberger (*1.*) mit einem offenbar zufällig zusammengestellten Apparat. Er kehrte ein gewöhnliches Papierstereogramm um und stellte es einem etwa 13 cm breiten Hohlspiegel so gegenüber, daß ein reelles aufrechtes verkleinertes Bild entstand. Dieses reelle Bild des Stereogramms mußte mit einer angenähert parallelen Richtung der Augenachsen beobachtet werden. Der Erfinder hob die starke Änderung der scheinbaren Größe hervor, die sich einstelle, wenn man seinen Abstand von dem Hohlspiegel während der Beobachtung variiere. Die Wirkung ließe sich noch verbessern, wenn man ein großes Leseglas vor die Augen bringe.

Man versteht die Wirkung dieses Apparats am besten, wenn man sich die Lage der Objektaugen vergegenwärtigt. Sie sind spiegelverkehrt und außerdem umgekehrt. Da aber auch das Stereogramm umgekehrt ist, so muß sich ein aufrechtes Bild ergeben, in dem nur eine Spiegelverkehrung übriggeblieben ist. Da sowohl die Halbbilder orthozentrisch angeordnet sind, als auch die Stellung der Objektaugen orthopisch ist — sie werden ja durch ein einheitlich wirkendes System hervorgebracht —, so muß das Raumbild orthomorph, nicht pseudomorph sein.

Erst ziemlich spät trat die Vorkehrung auf, bei der der Hohlspiegel durch eine Sammellinse ersetzt worden war: A. CLAUDET (*13.*) schlug sie 1866 auf der englischen Naturforscherversammlung vor. Hier wurde die Linse — zur Erhöhung der Täuschung mit einer viereckigen Blendung versehen — in einer Entfernung aufgestellt, auf die der Beobachter seine Augenachsen richten konnte. Die Halbbilder des Stereogramms mußten vertauscht werden, da man ja mit gekreuzten, auf die Linsenmitte gerichteten Achsen beobachtete. Die Linse hatte nur den Zweck, die Akkommodation zu verändern; doch ist ein großer Vorteil dieser Konstruktion nicht eigen gewesen.

Eine in gewisser Beziehung verwandte Vorrichtung brachte J. CLARK MAXWELL (*1.*) ein Jahr später zur Kenntnis derselben Versammlung. Man hat ein Stereogramm mit richtig angeordneten Halbbildern umzukehren und vor ein gewöhnliches Stereoskop zu setzen, bei dem die Stereoskoplinsen eine Brennweite von 15 cm und einen Scheitelabstand von 32 mm haben. Eine große Linse von 20 cm Brennweite und $7^1/_2$ cm Öffnung bildet die beiden Stereoskoplinsen überkreuzt in einer Entfernung von etwa 60 cm so ab, daß ihre Mittelpunkte einen Abstand von 64 mm haben. Der Beobachter kann mithin seine Augen an diese Stellen bringen. Durch Änderung des Abstandes zwischen dem Stereogramm und den Stereoskoplinsen kann man die scheinbare Größe des Raumbildes steigern oder verringern. Man erkennt ohne Schwierigkeit, daß es sich hier um einen Apparat handelt, der dem CLAUDETschen Stereomonoskop (s. S. 104) verwandt ist. Er ist einfacher, weil die Halbbilder von den zugehörigen Systemen nicht umgekehrt werden. Der Strahlengang ist von dem Erfinder mit großer Sorgfalt geregelt worden. Das Verständnis seiner Wirkung läßt sich durch eine Betrachtung erleichtern, die ganz der des SCHMALENBERGERschen Falles entspricht.

Ein wichtigerer Vorschlag wurde 1862 von J. CZERMAK (*1.*) in seinem *Mikrostereoskop* für Kehlkopfphotogramme gemacht. Er erhielt solche Aufnahmen auf sehr kleinen Glasplatten und fertigte danach Glasbilder an; diese verband er je mit einer starken Lupe und vereinigte die beiden mit den Lupen versehenen Halbbilder an einer „zirkelartig artikulierenden" Handhabe, um so eine homöomorphe Abbildung zu vermitteln. Abgesehen von der unzweckmäßigen Verbindung der beiden Systeme — bei der Anpassung an den Augenabstand mußten die Einzelbilder nachgerichtet werden, damit die Halbbilder von Senkrechten senkrecht blieben — scheint auch eine Variation der Konvergenz möglich gewesen zu sein, die nach früheren Erwägungen keinen Vorteil gebracht haben kann.

Von besonders großer Eleganz war ein Verfahren des schon früher erwähnten Photographen H. SWAN (*3. u. 4.*), das eine kurze Zeit lang großes Aufsehen machte und ganz unverdienterweise aus der Übung gekommen ist. Auf einer dem Naturforschertage zu Newcastle voran-

gehenden Abendunterhaltung wurden *Miniaturbüsten* bewundert, die anscheinend in einer Krystallsäule von etwa $2^1/_2$ cm Breite und 5 cm Höhe äußerst zierlich eingebettet schienen. Das Verfahren war dabei das folgende: Von einer Person wurde ein stark verkleinertes Stereogramm der Büste aufgenommen und danach Diapositive angefertigt. Diese Glasbilder wurden an zwei rechtwinkligen Prismen angebracht. Dabei mußte aber beachtet werden, daß das eine Diapositiv spiegelverkehrt wurde, damit nach der Spiegelung an der dünnen Luftschicht zwei zusammengehörige Diapositive auf die Augen des Beschauers wirkten. Die Anordnung der Halbbilder war so getroffen worden, daß die Büste in das Innere der Glassäule verlegt wurde (Fig. 67). Wie aber jedes der Halbbilder nur einem Auge sichtbar gemacht wurde, das erklärte der verdiente G. SHADBOLT (*2.*) in einem Leitartikel des damals noch von ihm herausgegebenen Fachblattes *The British Journal of Photography* mit Hilfe der hier wiedergegebenen Zeichnung. Man sieht ein, daß wenigstens für die Mittelstrahlen $h'z$, hz die totale Reflexion an der dünnen Luftschicht die Sonderung der von den beiden Halbbildern ausgehenden Strahlen für die beiden Augen herbeiführt. H. SWAN (*5. 237.*) hat später merken lassen, daß diese Sonderung für die Seitenteile des Bildes nicht ganz erreicht werden konnte. Nach dem Schlußabsatz des hier berücksichtigten Artikels scheint es, als sei außerdem die Prismenbegrenzung so gewählt worden, daß sie jedem Auge störende Strahlen des unrichtigen Halbbildes abblendete. Bei der Betrachtung der Figur sieht man auch, daß das Bild von h' mit einseitigen Farbensäumen infolge der Brechung an ij behaftet sein muß. Der Effekt wird aber nicht zu störend gewesen sein, da jene Brechung nur gering war.

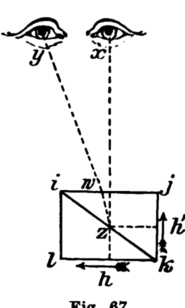


Fig. 67.
Zu G. SHADBOLTS (*2.*) Erklärung der SWANschen Miniaturbüsten.

In der nun bald folgenden Zeit, wo das Interesse am Stereoskop in der Abnahme begriffen ist, hört man von den SWANschen Miniaturbüsten nichts. Nur im Anfang der siebziger Jahre erwähnte der Erfinder (*6.*) eine Verbesserung seines Verfahrens, wodurch störende Reflexe beseitigt worden seien. Aber das blieb auch trotz seines Versprechens, Näheres zu veröffentlichen, die letzte Mitteilung über diesen Gegenstand.

Bevor dieses Thema verlassen wird, sei noch darauf hingewiesen, daß hier in der dünnen Luftschicht ein Mittel gegeben war, einer und derselben Einfallsrichtung zwei Austrittsrichtungen, die des durchgelassenen und die des reflektierten Strahls, zuzuordnen. M. VON ROHR (*7. 418.*) hat darauf aufmerksam gemacht, daß diese Einrichtung, der SWANsche *Würfel*, bald darauf von F. H. WENHAM (s. S. 115) und später von E. ABBE für das binokulare Mikroskop benutzt wurde.

An dieser Stelle sei auch eine Idee besprochen, die zwar nicht

eigentlich zu dem Thema der Stereoskopie gehört, aber ihm doch verwandt ist, nämlich die Betrachtung eines einfachen Bildes mit beiden Augen. In den fünfziger Jahren war bereits von verschiedenen Autoren die Frage aufgeworfen worden, ob man nicht von identischen Bildern im Stereoskop einen Vorteil haben könne, und man kann auch auf die Jugendzeit der Stereoskopie zurückweisen, wo C. TH. TOURTUAL (s. S. 44) den Nachweis geliefert hatte, daß man in dem WHEATSTONEschen Stereoskop sehr wohl einen richtigen Tiefeneindruck erhalten könne; man müsse sie nur zweckmäßig neigen, nämlich so, daß ihre Projektionen auf die „Horopterflächen“ verschieden ausfielen. Diesen mit so schöner Klarheit vorgetragenen Ideen war der Vorschlag von J. B. DONAS verwandt gewesen, wie er auf S. 89 geschildert worden ist. Ein gleiches Ziel steckte sich der Londoner Ophthalmologe TH. WHARTON JONES (*1. u. 2.*), der die Betrachtung von Einzelbildern durch konkave Zylinderlinsen vorschlug, um durch die in beiden Augen für verschiedene Bildpunkte verschieden starke Prismenablenkung einen stereoskopischen Effekt zu erhalten. Er gab seinen Linsen eine Bezeichnung, die einen Chemiker erfreut hätte (*moniconostereoscopic glasses*), scheint aber nicht einmal die Frage aufgeworfen zu haben, was man gegen den durch die Zylinderfläche eingeführten Astigmatismus tun solle. Für die Betrachtung von Photogrammen schlug er auch noch vor, solche Gläser vor die Okulare eines Doppelfernrohrs zu setzen. Er näherte sich auf diese Weise ein wenig der etwas früher veröffentlichten Idee FR. DE ZINELLIS, von der M. VON ROHR (*5. 364.*) ausführlich gehandelt hat. Es ist wohl ganz zweifellos, daß TH. W. JONES die Tiefendeutung auf Kosten der Tiefenwahrnehmung hervorhob; allerdings fehlte diese auch nicht ganz, aber sie hatte zu dem Gegenstande des so betrachteten Bildes auch nicht die geringste Beziehung, wie die englischen Fachzeitschriften bei der Besprechung der JONESischen Einführungsschrift sehr deutlich hervorhoben. Hier sei besonders auf die musterhaft sachliche Beurteilung hingewiesen, die die Zeitschrift „*The Photographic News*“ brachte, ein Wochenblatt, an dem W. CROOKES so viel Interesse nahm, daß er 1858 sein Redakteur geworden war. Der Referent faßte seine Meinung in knappen Worten dahin zusammen, daß nur die Fläche der Zeichnung ein Relief erhalte.*)

Von größerer Bedeutung für die Allgemeinheit waren die Bestrebungen, die bekannten Stereoskopformen leistungsfähiger zu machen.

Man begegnet dabei zunächst TH. SUTTON (*4.*), der das WHEATSTONEsche Spiegelstereoskop mit Zusatzlinsen für große photographische

*) *„The effect of the glasses will be to throw the* **surface** *on which the „picture is in relief, making it appear as if painted on the inside or outside „of a curved surface.“*

Papierkopien empfahl. Er wählte Bilder von 10 cm im Quadrat, die durch Plankonvexlinsen von 18 cm Brennweite betrachtet wurden. Die Planspiegel wurden so groß gewählt (9 : $9^1/_2$ cm), daß sie das Gesichtsfeld nicht beschränkten, doch mußte man beim Gebrauch darauf achtgeben, daß die Halbbilder von den Spiegeln nicht in störender Weise beschattet wurden.

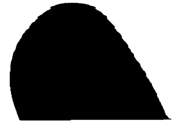
Ähnliche Schwierigkeiten ergaben sich bei der Modifikation des Spiegelstereoskops, wo eines der horizontal gelegten Bilder oben, eines unten angebracht wurde. Eine entsprechende Anordnung war übrigens bereits von J. Duboscq (s. S. 63) vorgeschlagen worden.

Wenn Th. Sutton bei dieser Gelegenheit auch noch zwei Panoramenstereoskope vorschlug, so hat er selbst wohl kaum auf ihre Aufnahme in weiteren Kreisen gerechnet; ihm war es dabei anscheinend mehr darum zu tun, die Leistungen seines soeben erfundenen *Glas-Wasser-Objektivs (panoramic lens)* auch diesen Kreisen rühmend vorzuführen.

Ungleich wichtiger aber waren die auf das gewöhnliche Linsenstereoskop gerichteten Verbesserungsbestrebungen, deren Beginn ja schon in dem vorigen Abschnitte geschildert worden war. Sie wurden in dieser Periode von der höheren Schicht der Liebhaber eifrig fortgesetzt und fanden einen angemessenen Ausdruck in einem Artikel, der offensichtlich dem auf so vielen Gebieten rühmlich bekannten Astronomen Ch. Piazzi Smyth (*1.*) zuzuschreiben ist. Danach war bereits um 1864 ein Linsenstereoskop ohne Prismenwirkung in weiteren Kreisen sehr beliebt. Es war mit achromatischen Betrachtungssystemen von 12,5 cm Brennweite ausgestattet, deren Abstand auf 67,3 mm bemessen war. Achromatische Linsen mit Prismenwirkung zog der Berichterstatter zu jener Zeit allerdings noch vor; man müßte ihnen eine längere Brennweite von 14 cm geben, und sie hätten den Vorteil, die Vereinigung von Halbbildern mit einem größeren Abstande der Fernpunkte zu ermöglichen, als das bei der ersten Form angängig sei. Er ist aber nach späteren Äußerungen (*3.*) doch zu der zentrischen Benutzung der Betrachtungslinsen übergegangen, oder, mit anderen Worten, er hat das Brewstersche Prismenstereoskop zugunsten des Wheatstoneschen Linsenstereoskops aufgegeben.

Nach derselben Richtung zielten auch die Vorschläge, die H. Helmholtz (*2. 679.*) in einem gegen Ende des Jahres 1866 veröffentlichten Stereoskop verwirklichte. Er hatte, als er mit den Stereogrammen des Handels Versuche anstellte, das Bedürfnis empfunden, den Betrachtungsapparat den Bildern anzupassen, namentlich auch um die häufig vorkommenden Höhenfehler auszugleichen. Ein Instrument, das er von dem Berliner Optiker J. Oertling erhielt, war offenbar nach den einfachen Vorschlägen J. Duboscqs konstruiert und zeigte zwei drehbare Halblinsen. H. Helmholtz ging über diese Anordnung weit hinaus und kam zur Anwendung von vollständigen Linsen, also zu der Wheatstoneschen





Idee, wofür ihm aber nur eine Vorgängerschaft von A. CLAUDET (s. S. 84) bekannt war. Die von ihm benutzten Betrachtungssysteme waren in einer ihm eigentümlichen Weise je aus zwei Einzellinsen von 12 und 18 cm Brennweite zusammengesetzt, gestatteten also nach Entfernung des unteren Linsenpaares, das Stereoskop auch mit einer geringeren Vergrößerung zu verwenden. Abgesehen von der horizontalen Verschieblichkeit der Linsensysteme hatte er auch eine Vertikalverstellung vorgesehen, um Höhenfehler in den Stereogrammen ausgleichen zu können. Es war das ein Prinzip, das bereits zu demselben Zwecke von CH. WHEATSTONE (s. S. 68) veröffentlicht worden war.

Ziemlich gegen den Ausgang des vorliegenden Jahrzehnts machte der damals wohlbekannte Fachphotograph W. HARDING WARNER (*1.*) den Versuch, ein anderes Format für das stereoskopische Halbbild einzuführen. Er wählte als Ausmaße $7^1/_2$ cm in der Breite und $13^1/_2$ cm in der Höhe und schlug ziemlich stark prismatisch wirkende Betrachtungslinsen mit Brennweiten von 18 cm und darüber vor. Wenn er den Träger mit diesen größeren Halbbildern als *panoramisches Stereogramm* bezeichnete, so muß doch darauf hingewiesen werden, daß die so erreichte Steigerung des Gesichtsfeldes fast ausschließlich dem Höhenwinkel zugute kam. J. H. WARNER (*2.*) sprach noch einige Jahre später über dasselbe Thema und teilte mit, daß er solche Instrumente von den Firmen MURRAY & HEATH und G. HARE habe ausführen lassen. Trotz des angenehmer wirkenden Formats scheint aber auch diesem Versuch, das BREWSTERsche Prismenstereoskop wieder aufleben zu lassen, der Erfolg versagt geblieben zu sein.

Auch in Amerika war das Interesse am Stereoskop groß, und man suchte den allmählich eintretenden Mangel an Teilnahme schon früh zu heben; so liest man von einem Apparat mit achromatischen Betrachtungssystemen, den E. EMERSON im Jahre 1861 vorschlug, doch ist eine genaue Beschreibung vorläufig noch nicht zu beschaffen gewesen. Es scheint sich dabei um horizontal verschiebbare, achromatische Halblinsen mit Prismenwirkung gehandelt zu haben.

Einen guten Griff tat aber einige Jahre später, in der Zeit des entschiedenen Verfalls, der seinerzeit geschätzte Feuilletonist OLIVER WENDELL HOLMES. Die Dürftigkeit der hier benutzten Quellen gibt über seine Beschäftigung mit diesem Problem so gut wie nichts, und es war nicht viel mehr darüber zu ermitteln als eine redaktionelle Notiz in dem Fachblatt *The British Journal of Photography*, daß das sogenannte amerikanische Stereoskop auf O. W. HOLMES zurückzuführen sei. Es ist nicht ganz sicher, ob die hier gegebene Schilderung mit der ursprünglichen Form des Instruments übereinstimmt, in der späteren Zeit ist es bekannt geworden als ein mit einfachen prismatischen Linsen versehenes Stereoskop mit einem SCHYRLschen Schirm ohne eigentlichen Körper,

also zur Betrachtung von Papierbildern im auffallenden Licht besonders geeignet. Die Einstellung geschah durch die Verschiebung der Bildebene. Alle diese Einrichtungen waren an sich zweckmäßig und auf eine Herstellung in großen Massen berechnet. Gewiß hatte man sich, wie das im Zug jener Zeit lag, allmählich mehr und mehr von der Erzielung eines homöomorphen Raumbildes entfernt, aber immerhin stand doch die durchaus zweckmäßige allgemeine Einrichtung des billigen Instruments turmhoch über den Schundsteroskopen der Alten Welt. Kein Wunder, daß sich für diese, das Ideal sicherlich nicht erreichende Einrichtung bei dem urteilslosen Publikum ein gewisses Interesse erhalten konnte.

In Europa hatten betriebsame Geschäftsleute schon längst die Herstellung von Stereoskopen begonnen, die sich würdig den Stereogrammen anreihten, über deren Verwilderung nach der stofflichen und der technischen Seite oben geklagt worden war. Diesen Instrumenten fehlte zur Brauchbarkeit so gut wie alles. Die chromatischen Linsen waren schlecht ausgeführt, zu klein, unzweckmäßig gestellt und häufig so eingesetzt, daß sich grobe Höhenfehler ergaben. Dem Stereoskop fehlte die Einstellungsvorrichtung und die Möglichkeit, die Linsen zu trennen. Um die aus der starken Prismenwirkung folgende Verzeichnung möglichst zu verdecken, waren die Brennweiten so lang gewählt, daß die im Stereoskop betrachteten Bilder unverhältnismäßig klein (allerdings auch tief) erschienen. Anlockend war bei diesen Triumphen des durch keinerlei Sachkenntnis gehemmten Schachergeistes einzig der niedrige Preis, und er zog allerdings für eine Zeit die Käufer an. Allmählich aber wurde dieser Raubbau auf dem allerdings sehr ertragreichen Felde des öffentlichen Interesses doch zu arg, und die Anteilnahme des Publikums an den schlechten Instrumenten und den noch schlechteren Bildern ließ deutlich nach. Der Bankbruch des Wahlspruches „billig und schlecht" traf aber bei der allgemeinen Verstimmung und Entrüstung auch die Vertreter ehrenhafter Grundsätze, und so kam es, daß in den letzten Jahren dieses Zeitraums die Stereoskopie beim großen Publikum mehr und mehr in Mißachtung geriet, ja verschwand. Zuerst wanderten wohl in England die Stereoskope, die vor kurzem noch zu dem eisernen Bestande des Empfangszimmers gehört hatten, in die Rumpelkammer, doch auch in Frankreich und in Deutschland erlosch — dem späteren Anfang entsprechend etwas später — das allgemeine Interesse an diesen Instrumenten gründlich. Es ist ganz verständlich, daß auch der Nachwuchs der Amateurphotographen davon stark beeinflußt wurde, und so kam es, daß in den siebziger und den achtziger Jahren in weiteren Fachkreisen kaum noch von Stereoskopie die Rede war.



Die theoretischen Ansichten.

Es stimmt mit dem allmählichen Erlöschen des Interesses an diesen Erscheinungen überein, daß sich in dem vorliegenden Zeitraum nicht viele neue Wissenschafter hervortun. Fast ausnahmslos begegnet man den Namen aus dem vorhergegangenen Jahrzehnt. Die strenge Wissenschaft beschäftigte sich mit den Apparaten kaum mehr, für sie erregte hauptsächlich die — hier nicht behandelte — Lösung physiologischer und psychologischer Probleme Interesse.

So tritt denn noch einmal der alte Kämpe A. CLAUDET (*12.*) auf, als er 1860 bei der Oxforder Tagung der englischen Naturforscher ein Telestereoskop *in natura* vorführte. Es war ein Opernglas, das er zunächst dazu benutzte, um an den verhältnismäßig nahen Objekten der Zuschauerreihen seines Auditoriums den Gegensatz der porrhallaktischen Wirkung zu zeigen, je nachdem man von der Okular- oder von der Objektivseite hineinsah. Schaltete man aber vor die Objektive zwei Reflexionsprismen, deren Wirkung die war, den Objektivabstand zu vergrößern, so erhielt man nach seiner Ansicht eine richtige Tiefenwirkung. Man tut ihm wohl nicht unrecht, wenn man sich nach diesen Äußerungen den Weg, auf dem er zu seinem Resultat gelangt war, in folgender, auch schon von W. HARDIE (*3.*) angedeuteter Weise rekonstruiert. Die Wirkung des einfachen Spiegeltelestereoskops erschien ihm — fälschlicherweise — porrhallaktisch, denn so weit ging die Sicherheit seiner Entfernungsauffassung doch nicht, daß sie den in diesem Instrument auftretenden Zwiespalt zwischen einäugigem und beidäugigem Sehen einseitig zugunsten des Letzterwähnten entschieden hätte. Blieb also ein Rest dieser — trügerischen — porrhallaktischen Wirkung in Gestalt übertriebener Tiefenanschauung übrig, so konnte er durch die richtig festgestellte Porrhallaxie des vergrößernden Doppelfernrohrs aufgehoben werden. Ganz rätselhaft aber bleibt es, warum dieser erfolgreiche Vertreter der wissenschaftlich interessierten Photographen nicht auf das kurz vorher veröffentlichte HELMHOLTZische Telestereoskop zu sprechen kam. Dessen Priorität konnte er ja mit gutem Grunde bestreiten und so das Interesse an seinem Vortrage erhöhen.

Noch in seinem letzten Lebensjahre beschäftigte er sich mit seinem Lieblingsthema, und zwar beschrieb er (*14.*) ein Experiment, das in hübscher Weise die Genauigkeit der stereoskopischen Wahrnehmung illustrierte. Er nahm dazu ein in jener Zeit beliebtes Spielzeug, ein *Thaumatrop*. Man versteht darunter ein längliches, auf der Vorder- und Rückseite mit Zeichnungen versehenes Pappstück, das um die lange Mittellinie der einen dieser beiden Seiten als Achse in Umdrehung versetzt werden kann, so daß die Zeichnungen auf beiden Seiten den Augen in rascher Folge sichtbar werden. Da die Eindrücke eine Zeitlang auf

der Netzhaut bestehen bleiben, so sieht man beide Zeichnungen gleichzeitig. Stellt beispielsweise die Vorderseite einen Käfig, die Rückseite einen Vogel dar, so scheint sich bei der Rotation der Vogel in dem Käfig zu befinden. In einem solchen Thaumatrop hatte A. Claudet deutlich wahrnehmen können, daß die Marken der Vorderseite ihm näher waren als die der Rückseite, und er war über eine solche Genauigkeit der Ortsbestimmung erstaunt; denn da der Abstand des Thaumatrops von seinen Augen 38 cm betragen hatte, und die Dicke des Kartons nur 0,32 mm gewesen war, so hatte er noch einen Entfernungsunterschied von $^1/_{1200}$ des Abstandes wahrnehmen können. Diese überraschende Genauigkeit erklärte er durch die Doppelbilder der nicht fixierten Markenreihe; man wird aber wohl besser auf die von E. Hering (*1.*) gegebene Erklärung der Schärfe der Breitenwahrnehmung zurückgehen. Berechnet man aus den angegebenen Daten ganz in der Helmholtzischen Weise das angulare Maß der Breitenwahrnehmung, so kommt man wenn man für A. Claudet einen Augenabstand von 63,6 mm annimmt, zu einem Betrage von 28″,7, was überraschend gut zu dem Werte von 30″,4 stimmt, der sich aus den Versuchsergebnissen von H. Helmholtz ableiten läßt. Dabei muß noch bemerkt werden, daß es sich in beiden Fällen sicherlich um Messungen handelt, deren Umstände nicht darauf gedrängt hatten, die Genauigkeit bis zu der äußersten Grenze zu treiben.

Auch die letzten hierher gehörigen Veröffentlichungen H. W. Doves fallen in diese Zeit. Er berührte nacheinander die verschiedenen Gebiete, auf denen er vorher so erfolgreich gearbeitet hatte. An seine einfachen und doch so wirksamen stereoskopischen Apparate erinnerte die Verwendung, die er für das Stereoskop zur Feststellung der Identität zweier die Halbbilder vertretenden Darstellungen vorschlug. Dabei schloß man ganz im Sinne Sir David Brewsters (s. S. 48) aus der Abwesenheit jedes Reliefs auf die Identität der beiden verglichenen Objekte. Schon früher hatte er (*14.*) diese Methode zur Erkennung gefälschter Kassenscheine empfohlen, und jetzt benutzte er (*15. u. 17.*) sie zum Nachweis der durch die elastischen Eigenschaften verschiedener Metalle bedingten Formänderungen geschlagener und gegossener Medaillen. Legte man zwei von derselben Matrize stammende Exemplare aus verschiedenem Metall in das Stereoskop, so zeigte die Wölbung des darin erscheinenden Bildes sehr deutlich jene Verschiedenheit an.

Auch auf die „flatternden Herzen“ kam er (*16.*) zu sprechen und führte diese Erscheinung auf die verschiedene Entfernung zurück, in die die Augen infolge ihrer Chromasie verschiedenfarbige Bilder legen. Auch eine Vorrichtung zur Anstellung von Glanzversuchen veröffentlichte er (*18.*) noch, aber dann scheint sein Interesse an diesem Gegenstande zu erlöschen, und er begegnet (*19.*) dem Leser nur noch einmal gegen den Ausgang dieses Jahrzehnts, wo er auf die große Be-

deutung psychologischer Momente für die Beurteilung des Gesehenen hinwies.

In einem gewissen Zusammenhange mit H. W. DOVE stand O. N. ROOD, der häufig in seinem Streit mit Sir DAVID BREWSTER die Partei H. W. DOVES nahm. Doch lag O. N. ROODS Arbeitsgebiet gar zu sehr auf der Seite physiologischer Forschung, um in dieser Darstellung vollständig behandelt zu werden, wenngleich manche Grenzgebiete auch hier interessieren. Namentlich in den Experimenten über den Glanz folgte er H. W. DOVE, und er wiederholte auch, sicherlich ohne Kenntnis dieser Vorgängerschaft, einige Versuche J. J. OPPELS über das Glitzern. Ein im Anschluß an die SANGschen Kunststereogramme lebhaft aufgenommenes Problem beschäftigte auch ihn (*1.*), nämlich die Lösung der Frage, wie man zu einer gegebenen Perspektive eines bekannten Objekts das zugehörige Halbbild entwerfen solle. Das dafür vorgeschlagene Verfahren erfordert, da bereits auf die verschiedenen Vorgänger hingewiesen worden ist (s. S. 105), keine besondere Besprechung.

Recht bemerkenswerte Ansichten äußerte 1861 der auf dem Gebiete der binokularen Mikroskopie so ausschlaggebende Ingenieur F. H. WENHAM (*7.*). Er plante ein Doppelmikroskop mit parallel montierten Tuben zu dem Zwecke, Abweichungen in ebenen Darstellungen — er dachte u. a. an gefälschte Warenzeichen — durch das Auftreten von Niveaudifferenzen in dem Raumbilde zu entdecken. Es war offenbar die Idee H. W. DOVES (s. S. 91), mit stark vergrößerten Bildern durchgeführt. Er machte Versuche mit zwei entsprechend montierten einfachen Linsen von $6^1/_2$ cm Brennweite und war damit imstande, an einzelnen Briefmarkenpaaren ein büstenartiges Heraustreten des Kopfes festzustellen. Allem Anscheine nach ließ er aber die vielversprechende Idee liegen.

Auch TH. SUTTON findet sich in diesem Zeitraum durch einige Arbeiten vertreten. Sie bezogen sich beide auf Themata, die schon früher von ihm behandelt worden waren. In dem ersten der beiden Artikel kam er (*3.*) auf die Wiedergabe von nahen Gegenständen bei einer Parallelcamera zu sprechen und wies — allerdings in einer etwas umständlichen Art — nach, daß solche Gegenstände in einem richtig konstruierten Stereoskop durchaus nicht in unendlicher Entfernung, sondern in ihrem natürlichen Abstande erscheinen würden. Als richtig konstruiertes Stereoskop erschien ihm ein solches ohne Prismenwirkung, also ein WHEATSTONEsches Linsenstereoskop, mit Betrachtungssystemen von der Brennweite der Aufnahmeobjektive. Eine gewisse Schwierigkeit bereitete ihm dabei nur der Fall, daß Beobachter mit einem kleineren Augenabstande ein solches Stereoskop benutzen wollten.

Auf diesen Punkt kam er (*6.*) in einer späteren Arbeit zurück, die sich gegen die von E. EMERSON gemachten Verbesserungsvorschläge

richtete. Hier stellte er sich ganz auf den Boden seiner früher (s. S. 100) besprochenen Arbeit, wo er unter der stillschweigend gemachten Annahme einer vollkommenen Abbildung durch die ganze Linsenöffnung natürlich auf jede seitliche Verschiebung der exzentrisch benutzten Linsenteile verzichten konnte. Man wird wohl zugeben können, daß bei aller theoretischen Richtigkeit der SUTTONschen Ansichten jene Voraussetzung bei stark abweichenden Augenabständen doch nicht mehr erfüllt war, und also die EMERSONsche Lösung der Schwierigkeit (s. S. 125) praktische Vorteile bot.

Von den neuen Namen, die sich in dieser Periode des Niederganges mit dem Studium des Stereoskops verbanden, gehört einer dem englischen Sprachgebiete an. Das ist der des noch lebenden Altmeisters der geometrischen Optik, des Ingenieurs ROBERT HENRY BOW. Auf ihn ist zunächst ein Vortragszyklus (*1.*) zurückzuführen, der in der damals sehr rührigen Edinburgher photographischen Gesellschaft gehalten wurde. Auch hier war der Niedergang des Interesses an dem einst so populären Instrument aufgefallen, und man sah um so lieber ein angesehenes Mitglied des Vereines dieses Thema behandeln.

Die stereoskopische Wahrnehmung kommt ihm mittels der Augenbewegungen zustande, und die Innervation der Augenmuskeln gibt dem Beobachter einen Anhalt über die Entfernung der Objekte. Die Lehre von dem Horopterkreise war dem Vortragenden bekannt, und auch ihm bereitete es eine außerordentliche Schwierigkeit, die fortwährende Bewegung der Augenpupillen beim direkten Sehen in eine strenge Beziehung zu den perspektivischen Konstanten eines Stereogramms zu setzen. In Wirklichkeit könne doch nur der unmittelbar fixierte Bildteil stereoskopisch gesehen werden. — Daß die Gemeinschaft der Punkte des Raumbildes aber perspektivisch liege zu den beiden Augendrehungspunkten, diese schon J. J. OPPEL bekannte Lehre wurde von R. H. BOW nicht entwickelt, weil er gar zu streng an der Strahlenbegrenzung durch die Augenpupillen festhielt. — Betrachte man ein Stereogramm ohne Zwischenschaltung von Stereoskoplinsen, so mache Weitsichtigen die Trennung von Akkommodation und Konvergenz meistens größere Schwierigkeiten. Der Kurzsichtige aber, der auf 10—$11^1/_2$ cm akkommodieren könne, habe dann einen viel besseren Eindruck, als er ihm durch irgend ein Instrument zu vermitteln sei. Nach einer längeren Behandlung der optischen Einrichtung des Menschenauges und der perspektivischen Verhältnisse wird auch die große Bedeutung betont, die die auch der unokularen Betrachtung zugänglichen Momente der Tiefendeutung auf die richtige Auffassung eines Stereogramms haben. Deren Bedeutung ginge so weit, daß man aus zwei identischen Bildern einer Landschaft im Stereoskop eine ganz gute Vorstellung der Gegend erhalten könne. — Betrachte man die Halbbilder aus unrichtiger Entfernung, so daß die

Gesichtswinkel verändert würden, so gingen die Änderungen in der Perspektive der einzelnen Halbbilder und die der stereoskopischen Tiefenwahrnehmung Hand in Hand, was sich durch Versuche auch nachweisen lasse. Man müsse daher die gleichen Gesichtswinkel herbeiführen, die bei der Aufnahme galten, und zu diesem Zwecke Betrachtungssysteme von der Brennweite der Aufnahmelinsen, also meistens $11^1/_2$ cm, benutzen. Eigentlich sollte dabei die Pupille die Blende abgeben; da sie sich aber beim Betrachten bewege, so werde der günstigste Augenort der Linse etwas näher liegen müssen. — Auch aus diesen Überlegungen eines Mannes von erprobter Fähigkeit in der Lösung optischer Probleme geht hervor, wie schwierig es war, aus der Kenntnis von der Wichtigkeit des Augendrehungspunkts die Forderungen für eine zweckmäßige Konstruktion von Lupen abzuleiten. — Bei dem Bau eines Stereoskops solle man aber möglichst von der Prismenwirkung exzentrisch benutzter Linsen absehen; man führe dadurch nur eine Verzeichnung ein, die sich im stereoskopischen Raumbilde als Tiefenfälschung äußere. — Vergrößere man den Abstand der Aufnahmeobjektive auf den k-fachen Betrag des Augenabstandes, so seien die geometrischen Bedingungen für die Wahrnehmung eines k-fach verkleinerten Modells gegeben, doch mache man bei der Auffassung des Raumbildes ein Kompromiß mit der Erfahrung. Er wenigstens könne ein mit einem Objektivabstande von 30 cm aufgenommenes bekanntes Objekt nicht beinahe 5fach verkleinert auffassen. Bei den Aufnahmen solle man nicht gar zu nahe und gar zu ferne Gegenstände in ein und dasselbe Bild kommen lassen; es empfehle sich vielmehr, einen Minimalabstand vom 10- bis 20fachen des Objektivabstandes einzuhalten. Wirkliche Naturtreue erhalte man indessen nur, wenn dieser Objektivabstand der Augenentfernung gleichkomme. Allerdings ergäben sich dann nur sehr wenig verschiedene Bilder, die von identischen Kopien kaum zu unterscheiden wären, wenn es sich um etwas weit entfernte Gegenstände handele. Es schade übrigens nichts, wenn man jedes Halbbild auf der Außenseite größer lasse; ähnliches finde auch in der Natur statt, da die Nase auch die Innenseite des unokularen Gesichtsfeldes beschränke.

Derselbe Autor (*1.*) bemerkte kurz darauf, daß Sir David Brewster in einem Beitrage zu einer Enzyklopädie aus dem Jahre 1860 der Vergrößerung der Aufnahmebasis eine einseitige Übertreibung der Tiefenverhältnisse zugeschrieben habe, während er die wirkliche Folge eines solchen Vorgehens in seinem Buche vom Jahre 1856 ganz richtig schildere. Sir David Brewster ist damit trotz seiner früheren richtigen Ansichten in den gleichen Fehler verfallen, den vor ihm W. Hardie und A. Claudet (s. S. 127) gemacht hatten und der nachher anscheinend von H. Helmholtz (s. S. 87) begangen wurde.

Sehr bald danach forderte der leitende Herausgeber des wichtigsten

englischen Fachorgans *(The British Journal of Photography)*, nämlich der soeben nach London berufene Schotte J. TRAILL TAYLOR, seinen von der Edinburgher Gesellschaft her wohlbekannten Landsmann R. H. BOW zu einer Reihe von erläuternden Artikeln über das Stereoskop auf, und R. H. BOW (*2.*) entsprach dem Verlangen.

Das Hauptgewicht legte er auf die Feststellung des Umstandes, daß die Größe der Konvergenz keinen bedeutenden Einfluß auf die Bestimmung der Entfernung des im Stereoskop wahrgenommenen Gegenstandes habe. Er führte dafür eine ganze Reihe von Beweisen an. So sei die Änderung nur geringfügig, die man empfinde, wenn man die Außenwelt mit nur einem freien Auge betrachte, während das andere durch ein Prisma blicke, das eine Ablenkung von etwa $1^2/_3$ Grad ergäbe. In dem BREWSTERschen Stereoskop könne man die Bilder auseinanderziehen, ohne wesentliche Änderungen wahrzunehmen. Bei der Betrachtung von Halbbildern mit divergenten Blicklinien — er konnte ähnlich wie J. J. OPPEL eine Divergenz von $7^3/_4$ Grad erreichen — fasse man das Raumbild nicht besonders weit entfernt auf. Zwei mit gekreuzten Blickrichtungen betrachtete Münzen gäben ein Vereinigungsbild, das nicht so klein erscheine, als man annehmen sollte, wenn es im Kreuzungspunkte der Blickrichtungen aufgefaßt würde. Die von Sir DAVID BREWSTER vorgeschlagenen Versuche mit Tapetenbildern und Marken vom Rohrstuhlgeflecht fielen für ihn nicht überzeugend aus. Wende man nun den auf diese Weise belegten Leitsatz auf das Stereoskop an, so komme man leicht zu dem Ergebnis, daß man im Stereoskop die Gegenstände da sehe, wo man sie nach der Erfahrung erwarte. Das Relief werde dabei nach denselben Regeln erhöht oder gemindert, die auch für die Perspektive der Halbbilder maßgebend seien. Eine genaue Feststellung des Ortes der beidäugig gesehenen Gegenstände sei auch im Doppelfernrohr schwierig, auch dort sähe man die Gegenstände meistens nicht größer sondern näher. Gehe man nun auf das gewöhnlich gebrauchte BREWSTERsche Stereoskop ein, so sei die Verlegung homologer Bildpunkte infolge der Prismenwirkung bestimmt durch die Exzentrizitäten beider Augen gegen die Linsenmitten, also für kleine Augenabstände beträchtlicher als für große. Da man nun lerne, mit immer kleineren Exzentrizitäten auszukommen, so solle eine Vorrichtung, um die Linsen einander zu nähern und voneinander zu entfernen, am Stereoskop vorhanden sein. Nehme man an, daß die beiden Fernpunkte auf dem Stereogramm einen Abstand von 76,2 mm erhalten, und daß die nächsten Punkte des aufgenommenen Objekts in einer Entfernung lägen, die dem 20fachen des Augenabstandes gleich sei, so komme man auf die Forderung einer Verschiebungsmöglichkeit der beiden Halblinsen, die so weit reiche, daß sie alle Lagen zwischen 57 und 83 mm Entfernung annehmen könnten. Da die Stereoskoplinsen die Halbbilder im Unend-

lichen erscheinen ließen, so werde durch das BREWSTERsche Stereoskop das Schwanken des Raumbildes bei Kopfbewegungen sehr vermindert. Beim Aufkleben der Halbbilder seien namentlich die Höhenfelder sorgfältig zu vermeiden. In der Artikelreihe ist schließlich noch ganz bemerkenswert die Methode, für die schematischen Stereogramme die Zeichnungsebene stets zwischen Objekt und Augen anzunehmen, um den Charakter der Photogramme als Perspektiven deutlicher hervortreten zu lassen. Auf dieses den modernen Anschauungen schon sehr nahe kommende Vorgehen R. H. BOWS hat M. VON ROHR (*5. 335.*) ausführlicher hingewiesen. Ferner sei hervorgehoben, daß der Verfasser in dieser Arbeit auch die Brille als stereoskopisches Instrument behandelte und namentlich vor der Schädlichkeit eines merkbaren Höhenfehlers warnte.

Bei dieser recht bemerkenswerten, auch auf die Physiologie des Sehvorganges eingehenden Arbeit hat die Vergleichung des im Stereoskop erscheinenden Raumbildes mit der Natur gefehlt. Eine ziemlich resignierte Stimmung spricht aus ihr, wie ja überhaupt hier, anders als in dem vorhergehenden Aufsatze, die Frage der Homöomorphie kaum gestreift wurde. Die ganze Anlage der Arbeiten aber gibt Zeugnis von einer sehr bemerkenswerten Fähigkeit für die Behandlung solcher verwickelten Probleme, und man bekommt einen guten Eindruck von dem geistigen Niveau der englischen Amateure zu jener Zeit.

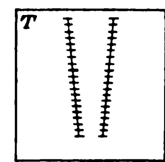
Im deutschen Sprachgebiete gingen damals die lebhaftesten Anstöße, die leider aber nicht nachhaltig wirken sollten, von Österreich aus. Wie man auch aus der in diesen Zeitraum fallenden Gründung der KREUTZERschen „Zeitschrift für Fotografie und Stereoskopie“ sehen kann, war dort das Interesse für diese Fragen bemerkenswert hoch, und es hat sicher der Sache der Stereokopie geschadet, daß der gut unterrichtete und gründliche K. KREUTZER schon so früh (wohl 1863) starb.

Bereits 1860 veröffentlichte O. ROLLET (*1.*) seine ersten Versuche über beidäugiges Sehen mit einer Einrichtung, die so wie ein Telestereoskop mit geringer Auseinanderrückung wirkte. Zwei ziemlich dicke Spiegelglasplatten wurden so zusammengekittet, daß sie im Winkel zueinander standen, und sie bewirkten für den durch sie schauenden Beobachter eine kleine Erweiterung des Augenabstandes, wenn er in den Winkel hinein, eine kleine Verengerung, wenn er auf ihn hinauf blickte. Die daraus folgenden Konvergenzänderungen und damit verbundenen Verschiedenheiten der Größenauffassung der betrachteten Gegenstände wurden eingehend gewürdigt. Der ganze Apparat diente hauptsächlich der Untersuchung, wie genau das Bild am Orte der Kreuzung der Blicklinien aufgefaßt werde.

Eine Fortsetzung seiner Studien ließ A. ROLLET (*2.*) schon im nächsten Jahre gemeinsam mit A. BECKER erscheinen. Auch hier handelte es sich ihm um die Untersuchung der Genauigkeit der Ortsbestimmung

im beidäugigen Sehen, es bietet aber das dazu benutzte Hilfsmittel großes Interesse für die Entwicklung der binokularen Instrumente.

Spannte er in einer vertikalen Querebene zwischen fernen Objekten und dem Beobachter Fäden von etwa 50 cm Länge so auf, daß ihre Entfernung oben den Augenabstand übertraf, während sie sich unten stark näherten, so erschienen sie dem in die Ferne blickenden Beobachter bei richtiger Kopfhaltung leicht als ein geradliniges, nach einem Punkte der Landschaft gespanntes Seil, das in seiner Nähe ausgehend, in die Ferne verläuft. Die Verfasser erwähnten selbst den SMITHischen Zirkelversuch und eine Arbeit von WELLS; vielleicht aber könnte man auch noch die erste stereoskopische Zeichnung R. SMITHS (s. S. 30) als besonders hierhergehörend ansehen. — Ziehe man zwei den Fäden entsprechende Gerade auf einer senkrechten Glastafel und versehe sie mit gleichlangen, äquidistanten Querstrichen (Fig. 68 links), so ergebe sich bei der Vereinigung ein stereoskopisches Meßband oder eine stereoskopische Leiter, deren Sprossen aber in der Ferne immer weiter voneinander abzustehen und immer größer zu werden scheinen. Habe man die Sprossen numeriert, so sei es nicht schwierig, die Lage der Gegenstände der Außenwelt in bezug auf die Marken anzugeben. — Es gelang A. ROLLET auch, durch zweckmäßige Anordnung der Teilungsstriche auf der Glastafel und richtige Wahl ihrer Breite ein stereoskopisches Meßband zu erzielen (Fig. 68 rechts), das durch gleichbreite Marken in Teile von gleicher Länge zerlegt erschien. Die Idee, danach einen Entfernungsmesser zu konstruieren, mußte er aber aufgeben, weil sich der Konvergenzwinkel der Sehachsen gar zu schnell der Null näherte.



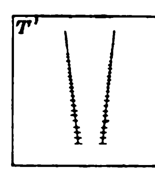


Fig. 68.
Zwei Formen stereoskopischer Meßbänder nach A. ROLLET (2.).

Die Bedeutung dieser Arbeit ist so groß, daß es angemessen erscheint, ihre einige Worte zu widmen. Nach der zugrunde liegenden Literatur handelt es sich hier zum ersten Male um den Gedanken, zwei im beidäugigen Sehen wahrgenommene Räume zum Zwecke der Messung eindeutig einander zuzuordnen. Da dieser Gedanke in den später so wichtig gewordenen stereoskopischen Meßinstrumenten noch häufig wiederkehren wird, so wird man zweckmäßig die beiden Räume unter besonderen Namen einführen und sie etwa als *zu messenden* und als *Maßraum* voneinander trennen. Die Messung geht dadurch vor sich, daß das Zusammenfallen von Punkten des zu messenden Raumes mit besonders markierten des Maßraumes festgestellt wird. Diese Idee läßt sich auf sehr verschiedene Weisen verwirklichen. Hier liegt der Fall vor, daß der Objektraum der zu messende Raum ist, und daß die eine feste Skala darstellenden Halbbilder des Maßraumes unmittelbar vor die beiden Augen

des Beobachters gebracht werden. — Es sollte nur wenige Jahre dauern, bis diese Idee von E. MACH aufgenommen wurde, und zwar erschien sie mit der wichtigen Änderung, daß die Halbbilder des Maßraumes nicht mehr direkt sondern mit Hilfe einer Reflexion an je einem unbelegten Spiegel dem Beobachter dargeboten wurden.

Gegen Ende des Jahres 1865 veröffentlichte E. MACH (*1.*), ein junger Physiker an der Grazer Universität, eine kurze Notiz über die stereoskopische Darstellung einander durchdringender Körper und vervollständigte (*2.*) sie im Jahre darauf.

Er schlug vor, die Körper, die einander durchdringen sollten, nacheinander auf dieselben Platten aufzunehmen, sie würden einander bei der Betrachtung nicht stören. Solche Aufnahmen empfahl er für die Darstellung anatomischer Präparate, wo sie zweifellos von hohem Lehrwerte sein würden. Es scheint nicht, als seien ähnliche Darstellungen in größerer Zahl zustande gekommen, und man wird bei der Betrachtung eines solchen Durchdringungs-Stereogramms wohl auch stets gegen die Erfahrung zu kämpfen haben, der ein derartiges Raumbild entschieden widerspricht. — Im weiteren Verlaufe seiner Arbeit bemerkte der Autor, daß bereits Sir DAVID BREWSTER (s. S. 81) auf dieselbe Weise Geistererscheinungen im Stereoskop dargestellt hätte. In der Tat hat er ja in seiner zweiten Methode noch eine weitere, für gewisse Zwecke folgenreichere Idee angegeben.

In jüngster Zeit ist ein solches MACHsches Durchdringungs-Stereogramm von G. BUCKY (*1. Taf. II.*) an einer bequem zugänglichen Stelle veröffentlicht worden. Nach seinen Äußerungen (*1. 143.*) scheint es nicht ausgeschlossen, daß es sich um eine der Aufnahmen aus der hier besprochenen Zeit handelt.

In einer geistvollen Weise benutzte E. MACH (*2.*) seine Durchdringungsbilder zur Lösung der Aufgabe, einen stereoskopischen Entfernungsmesser zu konstruieren, woran sein Kollege A. ROLLET trotz eines vielversprechenden Anlaufs gescheitert war. Ausgehend von dem Drahtmodell etwa eines Würfels, das an einem unbelegten Spiegel gespiegelt bei beidäugiger Beobachtung an nahen Gegenständen hinter jenem Spiegel Messungen vorzunehmen gestatte, verlangte er die Anfertigung zweier Halbbilder eines solchen räumlichen Messungsnetzes. Diese Halbbilder seien durch unbelegte Spiegel und Stereoskoplinsen so in den Objektraum zu projizieren (Fig. 69), daß sich ihr Raumbild mit dem Objektraum durchdringe und darin die Entfernung zu messen gestatte. Die Anordnung der optischen Teile war dabei so, wie sie die nebenstehende Figur angibt. Zum Schluß hob er auch noch hervor, daß die Verbindung mit dem Telestereoskop für

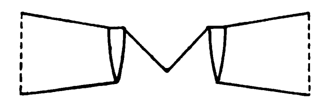


Fig. 69.
Ein Schema für die Anordnung der (gestrichelten) Halbbilder des Maßraumes nach E. MACH (*2.*).

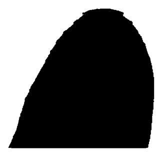
manche Fälle zweckmäßig sein würde. Im Prinzip ist hier also ein ster-skopisches Entfernungsmesser vorweggenommen, dessen Konstruktion al-noch ein Menschenalter auf sich warten lassen sollte.

Eine weitere Notiz, die E. MACH (*3.*) zu dieser Zeit über d-gleichen Gegenstand veröffentlichte, steht den Durchdringungsbildern na-Sie führte die stereoskopische Darstellung eines in drei Pyramiden ze-legten Holzprismas vor und illustrierte ein einfaches Verfahren, so-stereoskopischen Aufnahmen etwa von Knochenpräparaten durch die bil-Zinkographie im Buchdruck wiederzugeben.

Er behandelte den gleichen Gegenstand noch im gleichen Jahre einem populären Aufsatze, und im Jahre darauf auf dem Dresde-Naturforschertage, wo er sehr lehrreiche Bilder vorführte.

Auch ein ganzes Jahrzehnt später kam E. MACH (*4.*) auf d-gleichen Gegenstand zurück und benutzte nun gelegentlich an Stelle d-nacheinander erfolgenden Aufnahmen die Spiegelung an unbelegten o-halbdurchlässigen Spiegeln. Dieselbe Methode ist seit dem Jahre 18-nach dem Vorgange von H. DIRCKS und J. H. PEPPER (*1.*) zur subjektiv-Demonstration von Geistererscheinungen benutzt worden und führte a-die zu jener Zeit in London ganz ungeheuer populären, unter dem Nam-„PEPPER's *ghost*"*) bekannten Schaustellungen. Dabei wurde durch ein-unbelegten Spiegel das Bild einer hell gekleideten und stark beleuchtete-Person in einen verhältnismäßig dunklen Raum (die Bühne) gespiegel-wobei schon von selbst darauf gesehen wurde, daß der Geist nicht gera-mit einer lebenden Person oder einem Möbelstück denselben Platz ei-nehme. Eine solche Darstellung ließ sich genau so gut durch ein i-einer Camera entstandenes Stereogramm darstellen wie die Spiegelun-an einem gewöhnlichen Spiegel, und das schlug E. MACH in seiner letzte-Mitteilung vor. Er ging darin so weit, die Möglichkeit anzunehmen, da-

*) Die folgenden näheren Angaben über dieses in zahlreiche physikalische Leh-bücher übergegangene Experiment sind wohl von Interesse. In der von QUENTIN HOGG gegründeten Londoner Fortbildungsanstalt *(Polytechnic Institution)* wurde-auch in ziemlich großem Umfange allgemein verständliche physikalische Vorführunge-dargeboten, wie Lebensrad, Taucherglocke, Projektionsvorführungen u. ä. Das Ein-trittsgeld betrug 1 M., und in den fünfziger und sechziger Jahren gehörte diese-wissenschaftliche Theater zu den stark besuchten Sehenswürdigkeiten Londons. Z-der Zeit, wo das Interesse an spiritistischen Vorführungen sehr lebhaft war, zeigte ein Angestellter *(Honorary Director)* des Unternehmens, der Professor der Chem-J. H. PEPPER, großes Geschick bei der Inszenierung von Geistererscheinungen na-dem Plane von H. DIRCKS, wie es in der Monatsschrift „*The Lantern Record*" 190-S. 30 geschildert wird. Der Zulauf war ungeheuer; wird doch berichtet, daß die-Darbietungen in den ersten sechs Monaten den gewaltigen Ertrag von $^1/_4$ Million Mark einbrachten. Nach seiner Trennung von der Anstalt ging J. H. PEPPER na-Australien und setzte dort sein Vermögen zu mit aussichtslosen Versuchen, durc-Explosionen in den höheren Luftschichten Regen herbeizuführen. Er starb in den ersten Monaten des Jahres 1900.





man auch einen Menschenkopf in den verschiedenen Stadien der anatomischen Präparation auf dieselbe Platte aufnehmen könne, und daß es dann noch möglich sein würde, von den verschiedenen Teilbildern ein brauchbares, gleichzeitig die Knochen, Muskeln und Hautlagen zeigendes Raumbild zu erhalten.

Erwähnung verdient an dieser Stelle der französische Ophthalmologe E. JAVAL (*1.*). Er hatte, wie M. VON ROHR (*5. 364.*) berichtet, 1866 ein umgekehrtes Telestereoskop sogar in Verbindung mit einem holländischen Doppelfernrohr als binokularen Betrachtungsapparat für einfache Bilder empfohlen. Bei dieser Gelegenheit erwähnte er nebenbei die Möglichkeit, jedes der beiden rhombischen Prismen mit einem Vergrößerungsglase auszustatten und auf diese Weise eine Doppellupe zu erhalten. Durch die Ausführung dieses Vorschlages wird die Konvergenz beim Gebrauch der Doppellupe vermindert worden sein.

In seiner physiologischen Optik hat H. HELMHOLTZ (*2.*) gegen Ende des Jahres 1866 eine Behandlung des Stereoskops und der binokularen Instrumente gegeben, die auf Jahre hinaus mindestens für das deutsche Sprachgebiet kanonisch bleiben sollte. In der Tat wird überall der Versuch gemacht, auf die ersten Quellen zurückzugehen, und er ist auch gelungen, soweit es sich um die eigentlich wissenschaftliche Literatur handelte. Von der Einseitigkeit Sir DAVID BREWSTERS und seiner Parteinahme gegen CH. WHEATSTONES Verdienste ist hier nichts vorhanden. Die Hauptverdienste des Buches für das vorliegende Gebiet lagen aber auf der theoretischen Seite.

Zum ersten Male wurde hier (*665.*) eine mathematische Theorie der Raumbilder gegeben, deren Punkte sich als die Schnittstellen der Verbindungslinien je eines Projektionszentrums mit dem zugehörigen Punkte des Halbbildes ergaben. Dabei wurden Änderungen im Abstande der Projektionszentren von der Ebene des Stereogramms, also porrhallaktische Änderungen, und symmetrische Verschiebungen der Halbbilder in ihrer Ebene, also der Fall der Reliefbilder, ganz eingehend (*668.*) besprochen. Dieser letzte Fall wurde auch auf die Regeln der schon früh behandelten Reliefperspektive zurückgeführt, und es wurde darauf hingewiesen, daß das Reliefbild von einem, mitten zwischen beiden Augen liegenden Punkte aus zu dem Urbild perspektivisch ist.

Die so ganz allgemein analytisch abgeleiteten Lehren wurden zunächst (*672.*) auf die Brillen angewandt, bei denen ein falscher Scheitelabstand eine Reliefwirkung bedingen müsse, sodann wurden auch andere binokulare Instrumente in dieser Weise behandelt. Dabei wurde (*673.*) bei Fernrohren auf die Porrhallaxie hingewiesen, (*673.*) die Theorie des einfachen Spiegelstereoskops, (*681.*) die des Telestereoskops mit Fernrohrvergrößerung gegeben, wobei, wie schon früher (s. S. 87) erwähnt wurde, die eigentümliche Diskrepanz mit der früher gegebenen Beschreibung

mit unterlief. Auch für die Wirkung des binokularen Mikroskops nach A. NACHET (s. S. 116) gab er (*682.*) eine Erklärung, bei der auf die Halbierung der Eintrittspupille des Instruments Rücksicht genommen worden war. Beim eigentlichen Stereoskop nahm er (*671.*) ungefähr den etwas früher von R. H. BOW (s. S. 132) vertretenen Standpunkt ein, daß es auf den absoluten Betrag der Konvergenz der Gesichtslinien nicht sehr ankomme, und daß für die Tiefenanschauung die Erfahrung eine sehr bedeutende Rolle spiele. Auch er beschäftigte sich mit der Homöomorphie nicht, was wohl daraus zu erklären ist, daß er nicht selbst photographierte und daher nur schwierig die Vergleichung des stereoskopischen Raumbides mit dem Raumobjekt vornehmen konnte. — Lebhaft beschäftigte ihn (*644.*) die Feststellung der Genauigkeit der stereoskopischen Tiefenbestimmung. Er gab zu diesem Zwecke einen Versuch an, der darin bestand, daß eine verschiebbare Nadel in die durch zwei feste definierte Ebene gebracht werden solle. Er selbst fand eine Genauigkeit, die er in einer ziemlich rohen Meßmethode auf eine halbe Nadeldicke (etwa $^1/_4$ mm) angab, eine Bestimmung, die zu einer Schärfe der Breitenwahrnehmung von 30″,4 führt. Obwohl er kurz vorher (*643.*) bei den DOVEschen Münzenvergleichungen von der ungewöhnlichen Feinheit der binokularen Raumempfindung gesprochen hatte, schien ihm doch eine über „die Grenze der kleinsten sichtbaren Abstände“ hinausgehende Genauigkeit zu groß. Er substituierte für die obige halbe die ganze Nadeldicke (etwa $^1/_2$ mm), wo die Einstellung „von vollkommener Sicherheit“ war, und folgerte somit, „daß die Vergleichung der Netzhautbilder beider „Augen zum Zweck des stereoskopischen Sehens mit derselben Genauigkeit „geschieht, mit welcher die kleinsten Abstände von einem und demselben „Auge gesehen werden.“ Durch diese Nachgiebigkeit einer vorgefaßten Meinung gegenüber beraubte er sich des Verdienstes, die schöne Feststellung, die er bereits gemacht hatte, nach ihrer Bedeutung zu erkennen und den Grund dafür anzugeben. Die Erklärung dafür sollte erst nach einem Menschenalter gegeben werden, als die Ergebnisse der Praxis längst die Unhaltbarkeit der hier angegebenen Minutengrenze dargetan hatten.

Der obenerwähnte Widerspruch bei der Behandlung des Telestereoskops mit Fernrohrvergrößerung ist um so schwerer verständlich, als kurz vorher auf die porrhallaktische Wirkung der einfachen Doppelfernrohre hingewiesen worden war. Man wird diesen Rückschritt, der ganz ebenso bei Sir DAVID BREWSTER (s. S. 131) zu bemerken ist, wohl ebenso wie bei A. CLAUDET (s. S. 127) damit erklären können, daß die scheinbare Tiefensteigerung bei der Betrachtung naher, bekannter Gegenstände im einfachen Telestereoskop durch die wahre porrhallaktische Wirkung der vergrößernden Fernrohre korrigiert werden sollte.

Versucht man zu einem zusammenfassenden Überblick über diesen Zeitraum zu kommen, so ergibt sich ein von dem vorhergehenden sehr



abweichendes Bild. Auf fast allen Gebieten der Stereoskopie ist ein deutlicher Niedergang eingetreten, und das Stereoskop versinkt mehr und mehr in Vergessenheit.

Die Teilnahme der Wissenschafter hat sich im Wesentlichen von den stereoskopischen Instrumenten abgewandt, und diese erregen nur noch so weit Interesse, als sie andere, namentlich physiologische Forschungen ermöglichen. Hier fördert A. Rollet die Stereoskopie durch die außerordentlich fruchtbare Idee der gegenseitigen Zuordnung zweier Räume zum Zwecke der stereoskopischen Entfernungsmessung, und E. Mach gelangt dazu, von den Durchdringungsbildern ausgehend, das Prinzip eines praktisch brauchbaren Apparats mit bewunderungswürdigem Scharfsinn anzugeben. — Allgemeine theoretische Überlegungen werden um diese Zeit allein von H. Helmholtz für sein großes Werk ausgeführt. Er gab als erster eine allgemeine Theorie des Raumbildes, behandelte die Reliefbilder und faßte für die mathematische Behandlung alle binokularen Instrumente mit dem Stereoskop zusammen, indessen berücksichtigte er in dieser Behandlung die Augendrehung noch nicht besonders. Ihr historischer Teil, der von der harten Einseitigkeit Sir David Brewsters so ganz frei war, wurde jedenfalls im deutschen Sprachgebiet als die mustergültige Darstellung der Entwicklungsgeschichte dieser Instrumente angesehen.

Viel deutlicher aber wird der Rückgang auf dem Gebiete der das große Publikum versorgenden geschäftlichen Stereoskopie. Die mit dem englischen Vereinsleben in Fühlung stehenden gewissenhaften Firmen hielten zwar an ihren guten Traditionen fest, sie versuchten durch Erhöhung des stofflichen Reizes, durch Verfeinerung der Technik, durch immer sorgfältigere Durcharbeitung der Aufnahme- und der Betrachtungsapparate ihre Käufer anzuziehen; doch wurde diesen, durchaus rechtmäßigen Bestrebungen in schädlichster Weise entgegengewirkt durch den Schachergeist gewissenloser Händler. Diese ersetzten ohne irgendwelches Verständnis für das Wesen des Instruments die lehrreichen Aufnahmen durch unsaubere, die verfeinerte Ausführung durch vergröberte Tiefenwirkung, die sorgfältig konstruierten Stereoskope durch billigen Schund. Gewiß war das Interesse des Publikums groß, aber es beruhte weit mehr auf der Neugier und dem Herdentriebe als auf richtigem Verständnis; und war es in der letzten Hälfte der fünfziger Jahre in ungesunder Weise gesteigert, so folgte jetzt in den ersten sechziger Jahren ein um so entschiedenerer Rückschlag. Die wilde Unterbietung der Preise hatte die Wertschätzung für diese ganze Klasse von Instrumenten gemindert, und leider litten unter jenen törichten Mißgriffen auch die tüchtigen Betriebe. Das Interesse der Allgemeinheit nahm zum Erstaunen jener Schleuderkonkurrenz fast ebenso schnell ab, als es erwachsen war, und es war wieder ein Beispiel mehr dafür geliefert worden, daß blinde Profitgier, vom Unverstand geleitet, mit Sicherheit in die Grube des Mißerfolges

unterh
laoner
ierung
len war.
n früher
uf den
ankunm
bedeuten
ahe mehr
ographien
schen Ra
beschäftig
schen Th
der daran

ınd des Interesses in den siebziger und achtziger Jahren.

Ausblick, der sich am Ende des letzten Zeitraums ge-
rach die Folgezeit. Wohl gab es immer noch einzelne
ı Kunstfertigkeit, die ab und zu hübsche stereosko-
gen besprachen oder unter Umständen wichtige In-
lichten, hier und da beschäftigte sich auch wohl ein
h auf diesem Gebiet, aber im großen und ganzen
ungslose Gleichgültigkeit vor, und mit prompter
te das allgemeine Publikum auch den geringen Be-
pischen Kenntnissen, den es ein Jahrzehnt zuvor
. So ist es kein Wunder, daß von den obener-
virklich bewunderungswürdigen Arbeiten auch nicht
ren Forschungen gibt. Einbalsamiert in Drucker-
er Ideen ein stummer und doch so beredter Zeuge
sünden der Zeitgenossen.

hen Mikroskopiker zeigten in
der Weiterbildung des bin-
ur noch geringes Interesse, da
enbar durch das WENHAMsche
113) im Wesentlichen erfüllt
rschläge J. W. STEPHENSONS
ıfange der siebziger Jahre
zu werden brauchen, da
tzten Mikroskop von J. L.
ım etwas Neues brachten;
weil sich E. ABBE in seinen
Wenn J. W. STEPHENSON (*3.*)
ıerksam machte, daß zwei
htsfelder im binokularen
rbe ergäben, so nahm er
he von J. JANIN, A. DE
(s. S. 57) wieder auf.
machte 1873 eine Mit-
ıres Mikroskop, das mit
tionsprisma, dessen Form
ist, ausgestattet worden
zwei Ableseprismen ein,
ı ändern und das Bild

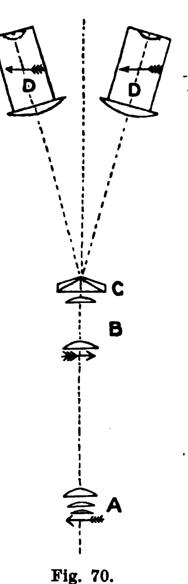


Fig. 70.
Das stereoskopische Okular von A. PRAZMOWSKI nach dem Anonymus (*1.*).
Es enthält bei C das letzte WENHAMsche orthoskopische Refraktionsprisma.

ıßte er (*11.*) seine Ansichten über den Ge-
Mikroskope dahin zusammen, daß man die

fällt. Erst in Jahrzehnten sollte wieder ein merkbarer Umsatz in Stereoskopen und Stereogrammen möglich werden, aber auch dann ungemein weit hinter dem der so schmählich verwüsteten Glanzzeit zurückbleiben.

Ganz glänzend ist in diesem Zeitraume allein die Entwicklung des binokularen Mikroskops, das gerade jetzt in die ausgezeichneten Arbeitsgesellschaften Englands namentlich durch die Arbeiten F. H. Wenhams Eingang fand und sich dort auch dauernd behaupten sollte.

Wendet man sich nun zu dem Stande der Amateurphotographie, so erhält man in dem allgemeinen Niedergange immer noch das günstigste Bild. Die guten Traditionen für die Aufnahmen werden bewahrt, und es ist mindestens im Anfang dieses Abschnitts mit großem Eifer gearbeitet worden. Auch an dem Instrumentarium wurde zunächst noch nicht gespart, wie man aus gelegentlichen Äußerungen entnehmen kann. Die Bemühungen der Fachzeitschriften um Anregung und Hebung des Interesses waren namentlich in England, das hier noch ganz die Führung hatte, sehr anerkennenswert, und der Erfolg wird auch nicht ganz ausgeblieben sein. In Ch. Piazzi Smyth brachte der Stand der englischen Kenner einen ganz vorzüglichen Praktiker hervor, der wesentliche Verbesserungen im Aufnahmeapparat praktisch erprobte und namentlich für die Verwertung verschiedener Einzelaufnahmen im Stereoskop eine Bahn eröffnete und beschritt, die erst spät abermals aufgefunden und noch weiter verfolgt werden sollte. In den Betrachtungsapparaten läßt sich ganz deutlich das Bestreben erkennen, allmählich die Prismenwirkung mehr und mehr auszuschalten und damit auf die von Ch. Wheatstone angegebene Form des Stereoskops zurückzukommen, bei der die Betrachtungslinsen zentrisch benutzt werden. — Ganz fehlen aber bei dem Amateurwesen dieser Periode auch die Schatten nicht. Es sieht so aus, als ob mehr und mehr das Interesse an der Homöomorphie verschwände, ja auch die besten Kenner des Instruments scheinen sich diese Frage gar nicht mehr vorzulegen, und eine schöne Hinterlassenschaft der älteren Generation geht so verloren. Der Tod so bedeutender und bekannter Förderer, wie es A. Claudet und Sir David Brewster waren, die Zurückhaltung von Ch. Wheatstone und H. W. Dove diente begreiflicherweise auch nicht dazu, das erlahmende Interesse zu kräftigen, und wenn man nun noch den Niedergang berücksichtigt, der gegen das Ende der sechziger Jahre in dem allgemeinen Interesse an der Photographie mindestens in England nicht zu verkennen ist, so kann man sich nicht wundern, daß auch die Pflege der Stereoskopie darunter litt. Der junge Nachwuchs in den Vereinen wandte sich anderen Problemen zu, und die älteren Vertreter übten ihre Kunst seltener oder gar nicht mehr aus, da das allgemeine Interesse an ihren Leistungen verschwunden war.

5. Der Tiefstand des Interesses in den siebziger und achtziger Jahren.

Dem trüben Ausblick, der sich am Ende des letzten Zeitraums geboten hatte, entsprach die Folgezeit. Wohl gab es immer noch einzelne Vertreter der alten Kunstfertigkeit, die ab und zu hübsche stereoskopische Beobachtungen besprachen oder unter Umständen wichtige Instrumente veröffentlichten, hier und da beschäftigte sich auch wohl ein Gelehrter erfolgreich auf diesem Gebiet, aber im großen und ganzen herrschte eine störungslose Gleichgültigkeit vor, und mit prompter Schnelligkeit verlernte das allgemeine Publikum auch den geringen Bestand von stereoskopischen Kenntnissen, den es ein Jahrzehnt zuvor noch besessen hatte. So ist es kein Wunder, daß von den obenerwähnten, zum Teil wirklich bewunderungswürdigen Arbeiten auch nicht eine Anlaß zu weiteren Forschungen gibt. Einbalsamiert in Druckerschwärze ist jede dieser Ideen ein stummer und doch so beredter Zeuge für die Unterlassungssünden der Zeitgenossen.

Auch die englischen Mikroskopiker zeigten in diesem Zeitraume an der Weiterbildung des binokularen Mikroskops nur noch geringes Interesse, da ihre Anforderungen offenbar durch das WENHAMsche Reflexionsprisma (s. S. 113) im Wesentlichen erfüllt worden waren. Die Vorschläge J. W. STEPHENSONS (*1* u. *2.*) aus dem Anfange der siebziger Jahre hätten nicht erwähnt zu werden brauchen, da sie dem zusammengesetzten Mikroskop von J. L. RIDDELL gegenüber kaum etwas Neues brachten; doch ist das geschehen, weil sich E. ABBE in seinen Schriften auf sie bezog. Wenn J. W. STEPHENSON (*3.*) ferner noch darauf aufmerksam machte, daß zwei verschiedenfarbige Gesichtsfelder im binokularen Mikroskop eine Mischfarbe ergäben, so nahm er damit die alten Versuche von J. JANIN, A. DE HALDAT und H. W. DOVE (s. S. 57) wieder auf.

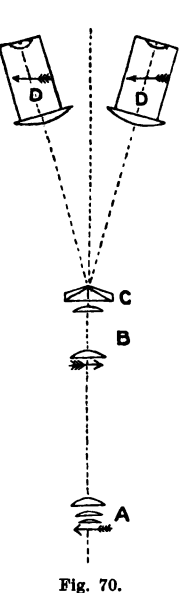


Fig. 70.
Das stereoskopische Okular von A. PRAZMOWSKI nach dem Anonymus (*1.*).
Es enthält bei C das letzte WENHAMsche orthoskopische Refraktionsprisma.

F. H. WENHAM (*10.*) machte 1873 eine Mitteilung über ein binokulares Mikroskop, das mit einem abgeänderten Refraktionsprisma, dessen Form in Fig. 70 bei C angegeben ist, ausgestattet worden war. Er fügte ihm ferner zwei Ableseprismen ein, um die Achsenrichtung zu ändern und das Bild vollständig aufzurichten.

Einige Zeit später faßte er (*11.*) seine Ansichten über den Gebrauch der binokularen Mikroskope dahin zusammen, daß man die

Systeme, bei denen die stereoskopische Wirkung durch eine Halbierung der Objektivöffnung erreicht werde, nur mit Objektiven verwenden solle, die mehr als 5 mm Brennweite hätten; für stärkere Systeme sei die beidäugige Beobachtung keine Entschädigung für die aus der Halbierung der Büschel folgende Bildverschlechterung. Hier kämen die Einrichtungen zu zweiäugiger Beobachtung (s. S. 115) zu ihrem Recht. Diese ermöglichten zwar keine Tiefenwahrnehmung, böten aber jedem Auge ein gutes Bild dar.

Nach diesen Veröffentlichungen — eine genauere Datierung ist vorderhand nicht möglich — brachte der französische Optiker A. PRAZMOWSKI ein stereoskopisches Okular heraus, das insofern dem TOLLESischen ähnlich sah, als durch ein besonderes Umkehrsystem ein reelles Bild der Austrittspupille des Objektivs erzeugt wurde, in das die Spaltungseinrichtung gebracht wurde (Fig. 70, S. 141). Als solche verwandte er aber nicht wie jener die NACHETsche, sondern nach dem Anonymus (*1.*) die soeben besprochene Form des WENHAMschen Refraktionsprismas.

Eine Besprechung der sonst vorliegenden Arbeiten nach verschiedenen Gesichtspunkten erübrigt sich wegen ihrer gar zu geringen Zahl; die chronologische Behandlung genügt hier vollständig.

Ein gewisses Interesse erregt der Vortrag J. HENDERSONS (*1.*) im Jahre 1871. Sind auch im allgemeinen seine Ansichten hier schon als Ansichten von Vorgängern besprochen worden — in der historischen Auffassung ist er anscheinend von Sir DAVID BREWSTER beeinflußt —, so war seine entschiedene Forderung der Homöomorphie für die damalige Zeit neu. Er wünschte eine ganz oder doch nahezu zentrische Benutzung der Betrachtungslinsen, die von gleicher Brennweite wie die Aufnahmeobjektive sein sollten, und schrieb einen Abstand von 70 mm für homologe Punkte des Hintergrundes vor. In der Auseinandersetzung seiner Ansichten über die Homöomorphie kam er auch zu der Forderung, daß die Achsen der Betrachtungslinsen dieselbe Neigung gegen den Horizont einnehmen müßten wie die photographischen Objektive bei der Aufnahme. Soweit hier die Literatur berücksichtigt worden ist, muß J. HENDERSON für diese namentlich bei Neigungsbildern wichtige Vorschrift die Priorität zuerkannt werden.

Die nächsten Publikationen von einiger Bedeutung gingen von TH. SUTTON aus. Er empfahl mehrfach sein verbessertes WHEATSTONEsches Instrument für große Papierbilder (s. S. 124) und wies auch auf seine Panoramenstereoskope hin, ohne jedoch für einen dieser Vorschläge ein größeres Interesse zu erwecken. Durch unvorsichtige Äußerungen kam er im Anfang des Jahres 1873 in einen, in den Spalten der verbreiteten Wochenschrift „*The British Journal of Photography*“ mit großer Heftigkeit gegen TH. GRUBB und seinen Sohn HOWARD geführten Streit. Man kann die sehr gereizte Stimmung der Gegner nur aus dem Groll erklären,

der aus ihrem nunmehr weit zurückliegenden Strauß auf dem Gebiete der geometrischen Optik des photographischen Objektivs zurückgeblieben war, denn der gegenwärtige Kampf bot zu einer solchen Verstimmung keinen Anlaß. TH. SUTTON hat dabei mehr auf dem theoretischen Standpunkte gestanden und eine möglichst vollkommene Homöomorphie gefordert, während die beiden GRUBBS größeren Wert auf die Bequemlichkeit der praktischen Benutzung legten und dieser ein wenig Naturtreue zu opfern bereit waren.

Den Anlaß zu der Meinungsverschiedenheit hatte ein von H. GRUBB konstruiertes Stereoskop mit gekreuzten Blickrichtungen geboten, das von J. TRAILL TAYLOR (*1.*) näher beschrieben worden ist. Das Stereogramm zeigte der Kreuzung der Blicklinien entsprechend das für das rechte Auge bestimmte Halbbild auf der linken Seite und umgekehrt. Zwischen das Auge und das zugehörige Halbbild war je ein achromatisches, ebenes Prisma eingeschaltet, um die Konvergenz auf der Bildseite zu vermindern. Eine solche Einrichtung hatte neben der Bequemlichkeit, die beiden Halbbilder auf einer ebenen Unterlage zu einem Stereogramm vereinigen zu können, noch den Vorteil, große Bildformate zuzulassen. Schon bei der ersten Veröffentlichung schlug H. GRUBB das große Halbbildformat von 20 : 25 cm vor.

Der Streit mit TH. SUTTON brachte ihn (*1.*) dazu, ein anderes einfaches Stereoskop zu beschreiben. Im wesentlichen handelte es sich dabei um die Anwendung des Telestereoskops für Stereogramme, bei dem die einfachen Spiegel durch totalreflektierende Prismen ersetzt worden waren. Auch hier waren sehr große Halbbilder, ein Format von $16^1/_2 : 21^1/_2$ cm, vorgesehen.

Eine abschließende Behandlung dieser Frage gab H. GRUBB (*2.*) einige Jahre später, 1879, als sein Vater ebenso wie sein Gegner TH. SUTTON aus dem Leben geschieden waren, indem er zu Dublin vor der Königlichen Irischen Gesellschaft eine historische Darstellung der Arbeit am Stereoskop vortrug. Das Bestreben, allen Vorgängern, nicht zum mindesten auch dem alten Gegner TH. SUTTON gerecht zu werden, wirkt dabei außerordentlich sympathisch. Wie schwierig aber schon damals, auch im Vaterlande der Stereoskopie, die Verfolgung historischer Studien auf diesem Gebiete war, kann man daraus ersehen, daß es dem Redner nicht möglich gewesen war, von den Apparaten A. CLAUDETS (s. S. 104) und H. SWANS (s. S. 122) eine Beschreibung aufzufinden. Auch war ihm jede Erinnerung an das Farbenstereoskop *(chromatic stereoscope)* (s. S. 49) Sir DAVID BREWSTERS geschwunden, denn er gab die Erklärung seiner Wirkung, als wenn es sich um etwas ganz Neues handele. Von den übrigen Stereoskopformen, die er in seinem Vortrage behandelte, sind nicht alle neu; so hatte er das DOVEsche Stereoskop mit den beiden AMICIschen Reflexionsprismen wiedererfunden, zog aber vor, die

Bilder nicht neben- sondern übereinander anzuordnen. Er hat dabei übersehen, daß solche Vorschläge nicht nur von J. DUBOSCQ (s. S. 63) vorlagen, sondern daß sein eigener Landsmann W. HARDIE (s. S. 89) gerade diese Anordnung in besonders hübscher Durcharbeitung veröffentlicht hatte. Sodann erfand er auch die Methode stereoskopischer Projektion wieder, die unter J. CH. D'ALMEIDAS (s. S. 90) Namen bekannt ist, und die auf einer zeitlichen Trennung der beiden Halbbilder beruht.

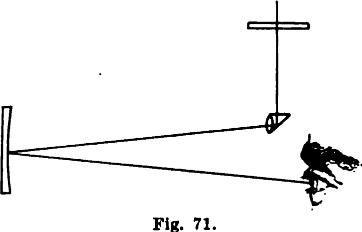


Fig. 71.
Das GRUBBsche Spiegelstereoskop.

Neu dagegen war ein hauptsächlich für Diapositive bestimmtes Stereoskop (Fig. 71) mit doppelter Spiegelung. Das Glasbild wurde horizontal mit der Schirmseite nach oben gelagert, und zwar so, daß sich das rechte Halbbild auf der linken und das linke auf der rechten Seite des Beschauers befand, beide ihm also die Fußteile zukehrten. Unter beiden Halbbildern fanden sich Spiegelprismen mit angekitteten Linsen vor, deren Achsen sich im Scheitel eines Hohlspiegels schnitten. Die Abstände zwischen Halbbild, Spiegelprisma und Hohlspiegel waren so gewählt worden, daß ein etwas vergrößertes Bild des Halbbildes auf dem Hohlspiegel entworfen wurde. Da durch die Spiegelung an der Hypotenusenfläche das Halbbild in der Richtung von oben nach unten verkehrt worden war, so ergab sich durch die Linsenwirkung ein, was oben und unten angeht, aufrechtes, hinsichtlich links und rechts aber spiegelverkehrtes Halbbild. Durch die Umkehrung der Lichtrichtung am Hohlspiegel wurde auch diese Spiegelverkehrung aufgehoben, im übrigen aber hinsichtlich der Größe und Lage an dem von der Linse entworfenen Bilde kaum etwas geändert. Wie gesagt, lagen beide Halbbilder um den Spiegelscheitel herum gleichsam übereinander, und es mußte nun nur noch dafür gesorgt werden, daß die Strahlen eines jeden nur dem zugehörigen Auge zugeführt wurden. Dies geschah durch eine zweckmäßige Wahl der Spiegelbrennweite. Diese wurde so bestimmt, daß die Austrittspupillen der beiden Linsenprismen reell und ein wenig vergrößert in der Entfernung der Augen des Beobachters abgebildet wurden. Man erkennt unter Berücksichtigung der Figur 71 leicht, daß auf diese Weise wirklich die zu dem linken Halbbilde gehörigen Strahlen durch das linksliegende Bild des Linsenprismas, die linke Austrittspupille des Instruments, traten, und entsprechend verhielt es sich mit den Strahlen vom rechten Halbbilde. Brachte man seine Augen an die beiden Austrittspupillen, so sah man, wie H. GRUBB hervorhob, tatsächlich das Raumbild ohne Schwierigkeit etwa an dem Orte des Spiegels. Es sieht nicht so aus, als sei dieses Instrument ernsthaft eingeführt worden, und das ist auch ganz erklärlich, da jener Zeit entschieden das Verständnis gemangelt haben würde.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß es sich hier um ein Gegenstück zu dem Stereomonoskop von A. CLAUDET (s. S. 104) handelt oder zu der ihm entsprechenden Einrichtung, die J. CLARK MAXWELL (s. S. 121) vor etwa 12 Jahren beschrieben hatte. Hier ist nur die große Mittellinse durch einen Hohlspiegel ersetzt worden, und man konnte sich die Zerschneidung des Stereogramms sparen, die für das Stereomonoskop nötig gewesen war; in allen diesen Fällen aber ist die Strahlenbegrenzung mit großem Geschick behandelt worden.

An dieser Stelle mag auch ein Apparat zum Kopieren von Zeichnungen erwähnt werden, dessen Autor nicht ermittelt werden konnte. Nach L. WOLFF (*1.*) ist mit Sicherheit anzunehmen, daß diese Einrichtung gegen das Ende des Jahres 1878 als bekannt gegolten hat. Sie beruhte auf dem Prinzip der Geistererscheinungen nach H. DIRCKS und J. H. PEPPER (s. S. 136). Eine vertikale Glasplatte stand als unbelegter Spiegel wirkend vor dem Zeichner, der hinter ihr das schwache Spiegelbild der vor ihr liegenden Zeichnung sah und es mit dem direkt wahrgenommenen Zeichenstift umfahren konnte. Jene Methode der Geistererscheinungen ist hier zu einer Art Meßverfahren ausgebildet worden, und zwar diente die Spitze des Zeichenstiftes als wandernde Marke.

Die nächsten beiden Namen, die in dieser Zeit Bedeutung haben, gehören dem deutschen Sprachgebiete an, und ihre Träger zeigen die Freude an theoretischen Problemen, die so häufig in der Geschichte der Stereoskopie bei ihren Landsleuten zu beobachten war.

Zunächst handelt es sich um den österreichischen Schulmann ANTON STEINHAUSER. Schon 1870 erschien seine erste Schrift (*1.*) über Stereoskopie, worin er sein Thema mit großer Gründlichkeit behandelte. Er kannte das große HELMHOLTZische Werk (*2.*), gründete aber seine eigenen Darlegungen allein auf die Elementargeometrie.

Wie die meisten seiner Zeitgenossen setzte er ruhende Augen voraus, ging aber abweichend von ihnen auf die Perspektiven der Halbbilder zurück. Die Vereinigung von zwei solchen Perspektiven gab ihm die Tiefenwahrnehmung. Läßt man von den sich darbietenden Fällen den einen, nicht sehr wichtigen unbehandelt, so bestanden für ihn die beiden Möglichkeiten, daß das Objekt hinter, und daß es vor der Ebene der Halbbilder läge. In der hier festgehaltenen Bezeichnungsweise sind das die Fälle, wo mit gleichgerichteten und wo mit gekreuzten Sehachsen beobachtet wird. Von besonderer Wichtigkeit erschien ihm die Bestimmung der bei beiden Methoden vorkommenden Bildbreiten. Bei der Gelegenheit ergaben sich gewisse allgemeine Regeln, so die, daß korrespondierende Punkte in beiden Halbbildern stets gleiche Höhe über oder unter der Horizontalen erhalten, und er ging kurz auf die Reliefwirkung ein, die sich einstelle, wenn die Halbbilder in ihrer Ebene in horizontaler Rich-

tung einander genähert oder voneinander entfernt würden. Nach einigen Bemerkungen zu den Konstruktionsvorschriften, wenn die Halbbilder vorher bestimmte Ausmaße erhalten sollen, wurde die Theorie der Aufnahmeapparate behandelt. Auch hier gebe es ein perspektivisches Zentrum, und als solches diente ihm die Linsenmitte. Ein neuer Fall ergebe sich. wenn der Abstand M der Objektive von dem m der Augen abweiche; alsdann stelle sich eine Reduktion im Raumbilde ein im Verhältnis von m : M. Wenn nun noch die Stereoskope kurz zu schildern seien, so handele es sich vornehmlich um die Brewstersche Form, bei der die Prismenwirkung der Halblinsen eine Steigerung der Bildbreite gestatte, und um eine Vorkehrung zur bequemen Betrachtung von Halbbildern des letzten Falles. — Diese unterschied sich von der alten Wheatstoneschen (s. S. 40) nur dadurch, daß zwischen dem Stereogramm und den Augen ein Querschirm vorgesehen worden war, der eine Luke von solcher Größe trug, daß sie für das Raumbild genügte, aber die unnötigen Doppelbilder abblendete. — Eine warme Empfehlung der Stereoskopie für den Unterricht in der darstellenden Geometrie, der als Musterbeispiel das allerdings nicht gut gelungene Sterogramm eines Konoids mit kreisförmiger Basis beigegeben worden war, machte den Schluß.

Die Arbeit ist ausgezeichnet durch die Folgerichtigkeit, mit der die Stereoskopie an die Lehre von der Perspektive angeschlossen wurde. Nach der hier benutzten Literatur wurden zum ersten Male Stereogramme, die für die Beobachtung mit gekreuzten Achsen berechnet sind, nicht nur als Kuriosität sondern als ein Hilfsmittel empfohlen, das für bestimmte Zwecke besonders geeignet sei.

Diese Methode führte A. Steinhauser (*2.*) einige Jahre darauf wirklich in die Praxis ein, indem er derartige stereoskopische Wandtafeln für den Unterricht in der Schule in Anregung brachte. Solche könnten gleichzeitig von einer Reihe von Personen betrachtet werden, da es sich in der Praxis ergeben habe, daß eine Abweichung von dem einzigen theoretisch richtigen Standpunkte keine große Bedeutung habe. Man sieht, daß der Verfasser hier ein Mittelding zwischen dem gewöhnlichen Stereoskop und der stereoskopischen Projektion vorschlug, wohl aus dem Grunde, weil zu jener Zeit im deutschen Sprachgebiete an eine einigermaßen große Verbreitung des Projektionsapparates nicht zu denken gewesen wäre.

Einen sehr viel wichtigeren Aufsatz ließ derselbe Verfasser aber im nächsten Jahre (*3.*) erscheinen, und dieser verdient eine ganz eingehende Besprechung, da er allem Anscheine nach die vollständigste Theorie gibt, die überhaupt über das Brewstersche Stereoskop veröffentlicht worden ist.

In erster Linie handele es sich beim Stereoskop, als einem wissenschaftlichen Instrument, darum, daß das darin erblickte Raumbild, wenn auch nicht tauto- so doch mindestens homöomorph sei. Denke man sich

die beiden Perspektiven (Halbbilder) eines Objekts in bezug auf die beiden Augen auf einer Ebene konstruiert, die in der Entfernung der deutlichen Sehweite liege, so werden bei der Betrachtung die beiden Halbbilder für die Augen den Eindruck des Raumobjekts hervorrufen. Allerdings sei in diesem Falle die angulare Größe des darzustellenden Objekts sehr beschränkt, weil die beiden Darstellungen nicht ineinander übergreifen dürften. In diesem Falle bedürfe man also keiner Betrachtungssysteme. Handele es sich um ein Objekt von größerer Winkelausdehnung, so müsse man die Bildebene näher an die Augen bringen, um das Übergreifen der beiden Halbbilder zu vermeiden, sei aber dann nicht imstande, sie mit unbewaffneten Augen deutlich zu sehen. Die Brennweiten der den Augen ganz nahen Betrachtungslinsen seien dann so zu wählen, daß sie die Halbbilder virtuell in der Entfernung der deutlichen Sehweite

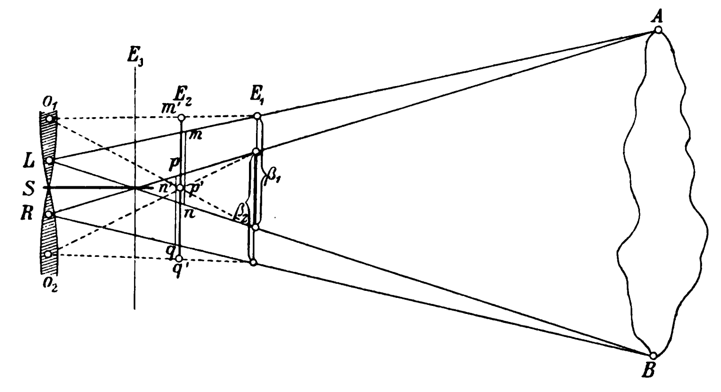


Fig. 72.
Ein Schema für die Behandlung des BREWSTERschen Stereoskops nach A. STEINHAUSER (3.).

abbildeten. Aber auch bei einer solchen Anordnung sei man in der Halbbildbreite beschränkt, und zwar könne sie, wie eine einfache Überlegung zeige, nicht größer werden als der Augenabstand, also im Mittel etwa 65 mm. Nun könne es aber bei Landschaftsaufnahmen dazu kommen, daß man eine größere Bildbreite wünsche, und in diesem Falle biete das BREWSTERsche Stereoskop eine Möglichkeit, diese Forderung zugleich mit der der Homöomorphie zu erfüllen. Die von dem Objekt AB (Fig. 72) erhaltenen, zu L und R perspektivischen Halbbilder mn und pq würden sich in der angegebenen Lage aber gegenseitig stören. Man verschiebe sie nun symmetrisch so, daß sie die Lagen m'n' und p'q' einnähmen. Sei nun mit E_1 die Lage der Ebene der deutlichen Sehweite bezeichnet, so liegen β_1 mit m'n' in bezug auf o_1 und β_2 mit p'q' in bezug auf o_2 perspektivisch. Es sei nun ohne weiteres möglich, die Brennweite einer Sammellinse zu bestimmen, die, mit ihrer Mitte nach o_1 gebracht, m'n' in β_1 abbilde, und

das gleiche gelte offenbar von o_2, p′q′ und β_2. Nimmt man nun — so muß hier über A. STEINHAUSER hinaus hinzugefügt werden — weiterhin an, daß die Linsen in o_1 und o_2 für ihre ganze Öffnung sphärisch korrigiert seien, so muß auch der Strahl m′L nach der Brechnung in E_1L übergegangen sein. Nach der Erledigung dieser Voruntersuchung wendet sich A. STEINHAUSER dem Aufnahmeapparat zu. Dabei erledigt sich zunächst der Fall, wo die Bilder eine so geringe Breite haben, daß sie sich gegenseitig nicht stören. Der Fall des größeren Objektivabstandes führt ohne weiteres auf das durchaus ähnliche, aber entsprechend verkleinerte und genäherte Raumbild. Doch in der Regel werde bei Stereoskopaufnahmen eine bestimmte Bildbreite vorgeschrieben, und diese sei meistens größer als der Augenabstand; mithin müßten die Halbbilder um diesen Betrag auseinandergerückt werden. Unter Berücksichtigung der oben angestellten Überlegungen sei es verständlich, daß man die Lage des Mittelpunkts der dünnen Linse und ihre Brennweite finden könne, die das symmetrisch verschobene Halbbild in der Entfernung der deutlichen Sehweite so abbilde, daß es, von dem exzentrisch gelegenen Augenort aus betrachtet, perspektivisch sei zu dem aufgenommenen Objekt. Die Brennweite der Betrachtungslinse sei nur von der des Aufnahmeobjektivs und von der deutlichen Sehweite abhängig. In der vollständig entwickelten Formel für die Lage des Linsenmittelpunkts aber kommen eine ganze Reihe von Konstanten vor, und zwar spielen die deutliche Sehweite, die Halbbildbreite, der Augenabstand, der Objektivabstand, die Aufnahmebrennweite und die Entfernung der Einstellungsebene eine Rolle, wobei eigentlich nur die Variation der letzterwähnten Größe unberücksichtigt bleiben kann, wenn es sich um Aufnahmen weit entfernter Gegenstände, etwa von Landschaften, handelt. Der Verschiedenheit des Augenabstandes verschiedener Beobachter lasse sich durch die seitliche Verschiebung der Halblinsen Rechnung tragen, und die deutliche Sehweite könne man durch die Anwendung entsprechender Brillen erzielen, die andern drei Größen aber sollten möglichst konstant gehalten werden. Sei dies nicht der Fall, so sei doch wenigstens geboten, die Abweichungen von den Normalwerten anzugeben. Als Normalwerte schlug er vor eine Aufnahmebrennweite von 15 cm, eine Halbbildbreite von 75 mm, einen Abstand der Aufnahmeobjektive von 80 mm.

Man sieht ohne weiteres ein, daß zwar auch hier noch unberechtigte Annahmen über die Güte der Abbildung gemacht wurden, daß aber auf dem Boden dieser Voraussetzung die Aufgabe eine erschöpfende Lösung fand. Der prinzipielle Unterschied von der namentlich durch TH. SUTTON gegebenen Theorie lag darin, daß hier infolge der Einführung der deutlichen Sehweite eine neue Variable erschien, die namentlich den günstigen Einfluß hatte, daß die Brennweiten der Betrachtungslinsen wesentlich länger wurden. So ergab sich beispielsweise in dem soeben behandelten

Falle für eine Objektivbrennweite von 15 cm und eine deutliche Sehweite von 25 cm eine Betrachtungsbrennweite von 37,5 cm und Exzentrizitäten von etwa 13 mm. — Aber auch diese Stimme verhallte bei der Interesselosigkeit jener Zeit ungehört, und es scheinen keinerlei Versuche gemacht worden zu sein, die STEINHAUSERschen Ideen in die Praxis einzuführen.

Wie schwierig aber überhaupt die Aufnahme ganz neuer Vorschläge ist, kann man auch wohl aus der etwas verspäteten Besprechung in der angesehenen Zeitschrift „*Nature*" ersehen. Dort wird allen Ernstes berichtet, A. STEINHAUSER (*4.*) wünsche die möglichste Übereinstimmung zwischen Aufnahme- und Betrachtungsbrennweite, und zwar solle ihre Länge etwa 25—30 cm betragen. Um einen Ausdruck von CH. WHEATSTONE zu gebrauchen, muß der Berichterstatter den STEINHAUSERschen Aufsatz durch ein Pseudoskop gelesen haben.

A. STEINHAUSER trat gegen Ende des hier behandelten Zeitraumes noch einige Male referierend auf, doch kann diesen Äußerungen, so zutreffend seine Bemerkungen auch waren, hier keine weitere Beachtung geschenkt werden.

Ebenfalls als praktischer Schulmann wurde TH. HUGEL (*1.*), zu dieser Zeit der Leiter der Gewerbeschule zu Neustadt a. d. H., auf die Beschäftigung mit der Stereoskopie geführt. Er wünschte eine Methode, um mit einfachen Mitteln exakte Stereogramme von Krystallformen anzufertigen. Da ihm das perspektivische Zeichenverfahren, wie es beispielsweise J. M. HESSEMER und J. J. OPPEL angewandt hatten, nicht genau genug war, so entwickelte er analytische Formeln, um aus den Raumkoordinaten eines Körpers die ebenen Koordinaten seiner Punkte in den beiden Halbbildern auch dann ableiten zu können, wenn das darzustellende Objekt um eine vertikale und dann um eine horizontale Achse gedreht worden sei. Waren die Koordinaten homologer Punkte in den Halbbildern gefunden, so ist die Konstruktion in allen einfacheren Fällen mit dem Lineal allein möglich, und nur in den mehr verwickelten mußte eine Teilmaschine zu Hilfe genommen werden. Es ist ganz verständlich, daß bei einer so exakten, analytischen Behandlung manches wiedergefunden werden mußte, was bereits auf einem ähnlichen, wenn auch einfacheren Wege von H. HELMHOLTZ gefunden worden war. Und so ist es auch in der Tat gewesen, da auch TH. HUGEL auf den Einfluß des Betrachtungsabstandes, der Augenentfernung u. a. einging. Bei der Behandlung des durch Beobachten mit gekreuzten Achsen hervorgerufenen pseudoskopischen Eindruckes kam er auf Analogien zu den von H. HELMHOLTZ behandelten Reliefbildern; so konnte er zeigen, daß das pseudomorphe Raumbild, von dem Punkte mitten zwischen beiden Augen betrachtet, perspektvisch liege zu dem orthomorphen Raumbilde und daß auch bei dieser Lagenbeziehung die harmonische Teilung eine Rolle spiele.

Auch die ziemlich verwickelten Grenzbedingungen dafür leitete er ab, daß die beiden Halbbilder in ihrer Ebene nicht übereinander greifen.

Neben der sehr knappen mathematischen Behandlung finden sich aber auch Bemerkungen, die deutlich erkennen lassen, daß TH. HUGEL für die praktische Anwendung seiner Resultate in hervorragendem Maße befähigt war. So empfahl er, die beiden Halbbilder leicht zu tönen, etwa das linke saftgrün, das rechte hellrosa, weil dann die Wirkung vollkommener werde. Wenn sich das Übergreifen der Halbbilder nicht vermeiden läßt, „so müssen die Kanten des linken Bildes in anderer Farbe „(grün) wiedergegeben sein, als die Farbe (rot) der Kanten des rechten „Bildes ist, und die Bildebene selbst muß mit schwarzem Grunde ver- „sehen sein, so daß unter Anwendung eines farbigen Glases oder einer „gefärbten Flüssigkeit für das linke Auge diesem die Kanten des rechten „Bildes nicht sichtbar, unter gleichzeitiger Anwendung eines andern „durchsichtigen Mittels für das rechte Auge diesem die Kanten des linken „Bildes unsichtbar sind.“ Man erkennt daraus, daß er hier das Gegenstück zu der alten ROLLMANNschen Methode vorschlug, wie es inzwischen von CH. D'ALMEIDA (s. S. 89) für die stereoskopische Projektion empfohlen worden war.

Im nächsten Jahre veröffentlichte er (2.) ein ausführliches Referat über seine Programmarbeit und fügte einige Erweiterungen hinzu. Während er im ersten Aufsatze die Vereinigung der beiden Halbbilder mit unbewaffneten Augen empfahl, kam er nunmehr auf das WHEATSTONEsche Stereoskop zu sprechen, das auch die Möglichkeit gewähre, Halbbilder verschiedener Größe zu vereinigen, wenn nur ihre Entfernung von den Spiegeln ihrer Größe entspreche; wie man sieht, eine von H. W. DOVE (s. S. 62) und H. SWAN (s. S. 90) bereits ausgesprochene Idee. Betrachte man ein gewöhnliches Stereogramm mit gekreuzten Achsen, so entstehe ein pseudomorphes Raumbild, und er bemerkte dazu in einer sehr treffenden Weise: „Hier tritt dann oft die Erscheinung des Streites zwischen Sehen „und geistiger Vorstellung auf, so daß man einige Augenblicke statt des „Pseudoskops das Orthoskop zu schauen glaubt; dies ist um so mehr „der Fall, wenn, wie bei photographischen Stereoskopien von Häusern, „Landschaften etc. das Pseudoskop im Widerspruch mit der Wirklichkeit „steht. Mehrere Versuche, photographische Pseudoskope als solche zu „erkennen, scheiterten bei mir, weil stets die subjektive Vorstellung gegen „den objektiven Eindruck in den Vordergrund trat.“

Man wird ohne weiteres die hervorragende Begabung TH. HUGELS für Probleme dieser Art zugeben und Bedauern darüber empfinden, daß seine Tätigkeit in eine so stumpfe Zeit fiel. Charakteristisch aber ist es, daß dieser feine Kopf an der Augenbewegung keinen Anstoß nahm; man wird sich das wohl so erklären müssen, daß seine scharfsinnig entwickelten Formeln ihm wohl die Zeichnungen der Halbbilder in exakter

und verhältnismäßig bequemer Weise lieferten, aber doch ihren Charakter als Perspektiven für das Einzelauge nicht so klar heraustreten ließen, wie die technisch viel weniger leistungsfähigen perspektivischen Konstruktionen J. J. OPPELS (s. S. 107). So mag es gekommen sein, daß TH. HUGEL diesen wichtigen Punkt übersehen hat.

Von einer wesentlich geringeren Bedeutung als die beiden Schulmänner ist der ebenfalls um die Mitte der siebziger Jahre in Berlin auftretende Privatgelehrte H. GOLTZSCH [† vor 1891]. Er erschien zuerst in dem VOGELschen Verein Berliner Photographen, wo er in den Schlußsitzungen des Jahres 1876 bei der Diskussion einige noch recht allgemeine Bemerkungen über Stereoskopie vortrug. Erst im Frühjahr des folgenden Jahres äußerte er (*1.*) sich etwas eingehender, und zwar sprach er über das amerikanische Stereoskop (s. S. 125), bei dem er eine Seitenverstellung

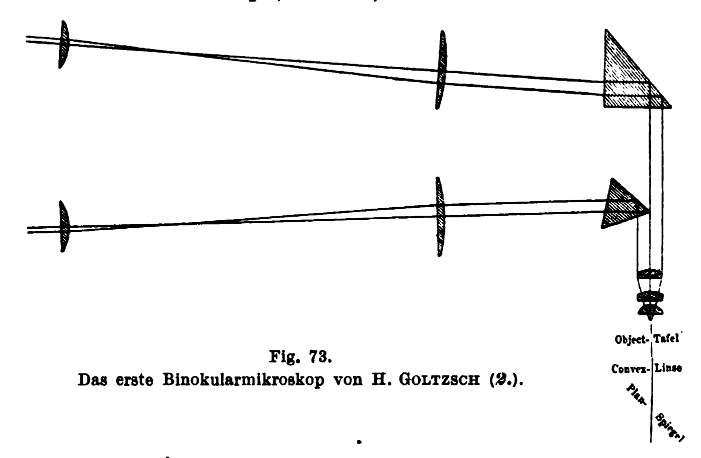


Fig. 73.
Das erste Binokularmikroskop von H. GOLTZSCH (*2.*).

der Linsen vermißte. Er verlangte nämlich, daß eine Änderung des Linsenabstandes Hand in Hand gehen solle mit der Einstellung, und zwar so, daß mit zunehmendem Bildabstande die Linsen einander genähert werden sollten; am liebsten hätte er eine zwangläufige Führung gefordert. Die Linsentrennung war ihm abhängig von Brennweite, Bildbreite und Augenabstand; doch ist eine Abhängigkeit von der so viel ausführlicheren Arbeit von A. STEINHAUSER aus dem Grunde ausgeschlossen, weil diese erst später veröffentlicht wurde. Großes Gewicht legte er auf die Beleuchtung der Stereogramme, und zwar reizten ihn Papierbilder, die im auffallenden und nachher im durchfallenden Licht betrachtet wurden, ganz besonders. Es ist das eine Einrichtung, die im Anfange der sechziger Jahre in England als Tag- und Nachtbilder (*dissolving views, cosmorama*) viele Freunde hatte. Genauere Angaben darüber finden sich bei M. VON ROHR (*5. 329, 362.*).

Das Thema von der Umgestaltung des Stereoskops behandelte

H. GOLTZSCH (*5.*) noch einmal um 1890, doch nahm er da fast ganz den von TH. SUTTON (s. S. 100) vertretenen Standpunkt ein. Nur insofern ging er darüber hinaus, als er vorschlug, auf die Einstellungsvorrichtung ganz zu verzichten und lieber die Augen durch eine passende Fernbrille zu korrigieren. Geschähe das nicht, so müßte sich bei der Einstellung der Linsenabstand in passender Weise ändern.

Auch dem binokularen Mikroskop wendete dieser Vertreter der deutschen Amateure seine Aufmerksamkeit zu, und zwar empfahl er (*2.*) 1879 eine Einrichtung, wo Spiegelprismen die Hälften der aus dem Objektiv austretenden Strahlen isolieren und den beiden Augen zuführen sollten (Fig. 73, S. 151). Da die spiegelnden Flächen aber sehr weit von der Austrittspupille des Objektivs entfernt standen, so würde die Lichtverteilung über das Gesichtsfeld sehr ungleichmäßig gewesen sein. Er hatte auch die Möglichkeit vorgesehen, das eine Prisma fortzuschlagen und das Mikroskop dann als ein unokulares brauchen zu lassen. Der Strahlengang wurde gleich hinter dem Objektiv rechtwinklig zur Objektivachse geknickt. Doch ist es zweifelhaft, ob die hier gewählte Anordnung, wo das Objektiv horizontal lag und sich rechts von beiden Tuben befand, im Gebrauch zweckmäßig gewesen wäre. Um die Prismendicke nicht schädigend auf die sphärische Korrektion des Objektivs einwirken zu lassen, brachte er das Objekt in den Brennpunkt, so daß die Strahlen dahinter parallel verliefen; er hat aber dabei nicht bedacht, wie E. ABBE (*1. 205.*) hervorhob, daß das Objektiv für einen solchen, von dem gewöhnlichen vollständig abweichenden Strahlengang besonders korrigiert werden müßte. Die beiden unendlich fernen Halbbilder wurden durch zwei kleine astronomische Fernrohre betrachtet, die zunächst noch aus zwei einfachen Linsen zusammengesetzt waren. Da das ganze System also ein bildaufrichtendes war, so hatte sich ein pseudoskopischer Effekt vermeiden lassen, obwohl die beiden Bilder nicht überkreuzt worden waren. Das Neue an diesem Vorschlage war offenbar die Einführung des Objekts in die Brennebene des Objektivs, zur Vermeidung der Prismenaberration.

Kurze Zeit darauf, 1881, machte er (*3.*), nach CHÉRUBIN D'ORLÉANS (s. S. 26) wohl zuerst wieder, den Vorschlag, ein astronomisches Doppelfernrohr zu bauen. Die Form, die er zunächst vorschlug — er hat sie mit einigen, sogleich zu beschreibenden Abänderungen auch wirklich ausführen lassen, und zwar hatten die Objektive einen Öffnungsdurchmesser von 74 mm — war die folgende (Fig. 74). Die beiden Hauptrohre wurden zueinander parallel und so montiert, daß sie zum Teil untereinander lagen, denn es war notwendig, daß die senkrechten Achsenschnitte der beiden Hauptrohre einen Abstand von 60 mm hatten, dem kleinsten regelmäßig vorkommenden Augenabstande, wie H. GOLTZSCH annahm. In die Austrittspupillen der astronomischen Fernrohre wurden zunächst Ableseprismen P gestellt, die die Achsenrichtungen senkrecht nach oben warfen.

Diese Prismen P lagen, wie die Figur zeigt, nicht in einer Horizontalen und hatten daher von den horizontal liegenden Augen des abwärts blickenden Beobachters einen verschiedenen Abstand. Um diese Verschiedenheit auszugleichen, verwandte er, wie aus der Figur ersichtlich ist, zwei astronomische Fernrohre verschiedener Länge aber gleicher Vergrößerung $\Gamma = 1$, durch die er die beiden Austrittspupillen P in die Augenorte abbildete. Die Einstellung auf den Augenabstand sollte durch Drehung um die Fernrohrachsen erfolgen, so daß sich ein um so größerer Konvergenzwinkel v' ergab, je weiter der Augenabstand des Beobachters war.

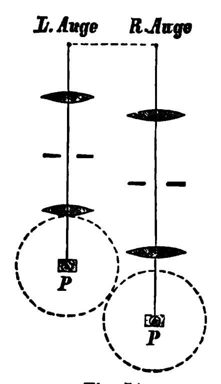


Fig. 74.
Das astronomische Doppelfernrohr nach H. GOLTZSCH (3.).
Die Fernrohrobjektive (mit gestrichelten Umrissen) sind senkrecht hinter der Papierebene zu denken.

Von dieser Form ist er dann nach zwei Richtungen abgewichen. Einmal wurden, der besseren Ausnutzung der Totalreflexion wegen, die einfachen Ableseprismen durch gleichseitige Prismen ersetzt — in diesem Falle blickte der Beobachter nicht senkrecht nach unten, sondern unter einem Depressionswinkel von 60 Graden nach vorn — und dann schlug er zur Verminderung der Linsenzahl vor, das HUYGENSsche Fernrohrokular durch eine Negativlinse zu ersetzen und sie zu dem ihr folgenden astronomischen Fernrohr von der Vergrößerung $\Gamma = 1$ so abzustimmen, daß sich ein brauchbares Fernrohrokular ergab. Diese letzte Neuerung gehört unter eine historische Behandlung der Fernrohrokulare, sie mußte aber hier erwähnt werden, weil sich H. GOLTZSCH durch den Übergang von dem HUYGENSischen umkehrenden Okular zu der nicht umkehrenden Negativlinse gezwungen sah, den Verhältnissen seine Aufmerksamkeit zu schenken, die die Ortho- und die Pseudoskopie bestimmen. Er tat das in einer ausreichenden, allerdings ganz speziellen Weise, indem er auf die stereoskopischen Differenzen im Bildraume einging. Die orthopische Stellung der Objektaugen führte er im letzten Falle dadurch herbei, daß er vor jedes Auge ein AMICIsches Reflexionsprisma brachte. Bei der Betrachtung irdischer Objekte durch sein Doppelfernrohr bemerkte er aber doch eine gewisse Störung der stereoskopischen Wirkung, die er auf die nicht horizontale Lage der objektseitigen Projektionszentren zurückführte.

Eine Abänderung seines, oben besprochenen binokularen Mikroskops ließ er (4.) bald darauf erscheinen. Die Knickung senkrecht zur Objektivachse wurde nun aufgegeben, und die beiden Tuben wichen nur um je 7 Grad von der Richtung der Objektivachse ab. Diese Ablenkung wurde in einer von der Methode J. L. RIDDELLS (s. S. 73) kaum abweichenden Weise durch zwei AMICIsche Reflexionsprismen bewirkt, die hintereinander angeordnet waren. Das Objekt befand sich noch immer im Brennpunkt

des Objektivs, aber die beiden Betrachtungsfernrohre hatten nunmehr achromatische Objektive erhalten. Der Beleuchtungsapparat war prismatisch gestaltet worden, um gleichmäßig diffuses Licht in allen gewünschten Richtungen abzugeben.

Unmittelbar nach der ersten Veröffentlichung von H. Goltzsch publizierte E. Abbe (*1.*) sein stereoskopisches Okular, das auf eine Anregung von E. Selenka entstanden war. Ihm lag daran, ein Instrument zu schaffen, das auch bei den stärksten Vergrößerungen für binokulare Beobachtung geeignet sei. Zu diesem Zwecke halbierte er nicht die Strahlen-

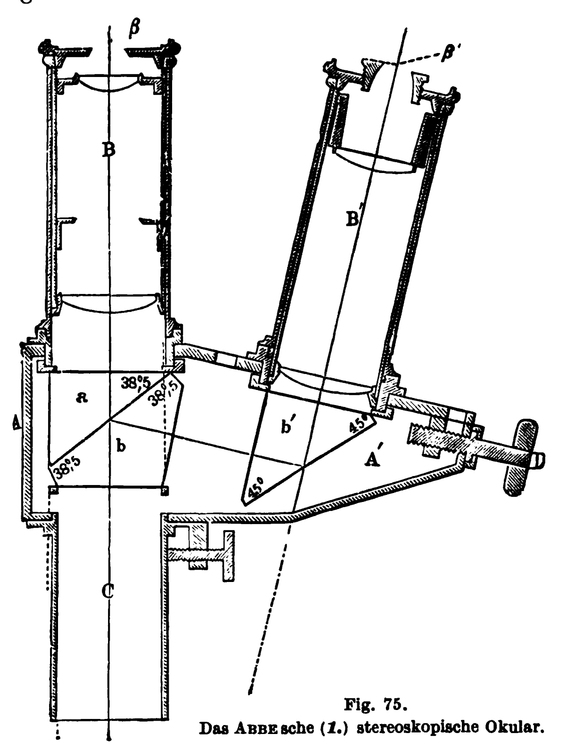


Fig. 75.
Das Abbesche (*1.*) stereoskopische Okular.

büschel in möglichster Nähe der Austrittspupille des Objektivs, sondern er zerlegte, ganz so wie es ohne sein Wissen F. H. Wenham bereits 1866 getan hatte (s. S. 115), durch die Einführung einer dünnen Luftschicht jeden einzelnen Strahl in einen stärkeren durchgelassenen und einen schwächeren gespiegelten Teil (Fig. 75). Da die beiden, abgesehen von der Intensität identischen Bilder in verschiedener Entfernung von den Endflächen der beiden Prismen lagen, so berechnete er zwei Okulare von verschiedenem Typus aber gleicher Brennweite, die so beschaffen waren, daß bei richtiger Einstellung des Bildes die beiden Austrittspupillen etwa gleichweit, nämlich um 25 cm, von dem Schnittpunkt der

beiden Okularachsen entfernt waren. Beobachtete man ohne weitere Vorkehrungen mit beiden Okularen, so erhielt man in jedem Auge das gleiche Bild, also keinen stereoskopischen Eindruck, da es sich um eine zweiäugige Beobachtung handelte. Der stereoskopische Eindruck wurde erzielt durch das Aufsetzen von einem oder zwei Okulardeckeln, die einen oder zwei Halbkreise der Austrittspupillen abblendeten. E. ABBE gab eine sehr einfache, für alle stereoskopischen Mikroskope mit einem Objektiv stimmende Regel an, um sofort zu erkennen, ob die Wirkung der Einrichtung ortho- oder pseudoskopisch wäre (Fig. 76). Waren zwei Halbkreise vorhanden, so war die Wirkung in dem mit O bezeichneten Falle ortho-, in dem mit P bezeichneten pseudoskopisch. Gab es nur einen Halbkreis, so ergab sich das Schema der Figur leicht in Analogie zu dem Vorhergegangenen. — Der Beweis seines Ausspruches war besonders einfach. Läßt man zunächst die Spaltung hinter dem Objektiv außer acht, so liefert das ganze Mikroskop von dem Objekt ein Bildrelief, das im Endlichen vor dem beobachtenden Auge liegen möge. Infolgedessen wird es betrachtet werden wie ein natürliches Objekt, d. h. wenn das Auge durch die rechte Hälfte der Austrittspupille in der Richtung auf den eingestellten Punkt schaut, so werden nähere Punkte in bezug auf diesen eingestellten nach links, fernere nach rechts verschoben erscheinen. Schaut das Auge durch die linke Hälfte der Pupille, so ergeben sich die umgekehrten Verschiebungen. Wird aber das Bildrelief der Tiefe nach richtig aufgefaßt, so bekommt man auch vom Objektrelief die richtige Tiefenauffassung, da die Abbildung durch optische Instrumente stets rechtläufig ist, d. h. die Reihenfolge der Objektpunkte sich im Bilde nicht ändert. Wurden nun in E. ABBES stereoskopischem Okular durch die Einführung der sowohl spiegelnden als auch durchlassenden Luftschicht die beiden Austrittspupillen so weit getrennt, daß man beide Augen gleichzeitig ihnen nähern konnte, so mußte, wenn man beide Pupillen abblenden wollte, dafür Sorge getragen werden, daß das linke Auge durch die linke, das rechte Auge durch die rechte Pupillenhälfte blickte. Auch die Abdeckung einer einzelnen Pupille genügte, um einen zwar nicht so sehr hervortretenden, aber immer noch genügend deutlichen stereoskopischen Effekt zu erzielen; die dazu nötige Lage der Blende ergibt sich ohne weiteres aus dem entsprechenden Schema.

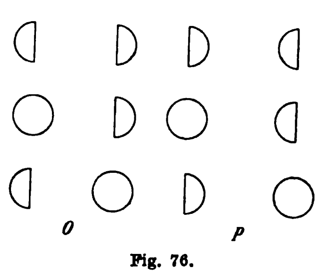


Fig. 76.
Die sechs ABBEschen Schemata für die orthomorphe (O) und pseudomorphe (P) Wirkung.

Sobald schwächere Mikroskopobjektive auf Objekte von verhältnismäßig großer Tiefe angewandt wurden, ergab diese Regelung des Strahlenganges befriedigende Resultate, dagegen war sie bei starken

Systemen mit ihrem außerordentlich beschränkten Tiefenraum nicht immer ausreichend. Denn man ist in solchen Fällen bei gerader Beleuchtung auf einen ziemlich engen Beleuchtungskegel beschränkt, um die Tiefenschärfe nicht allzusehr zu vermindern. Die Verschiedenheit der Bilder für die beiden Hälften dieses Beleuchtungskegels ist daher nicht groß genug, um eine auffällige stereoskopische Wirkung herbeizuführen. E. Abbe (*1. 211.*) empfahl in solchen Fällen zwei schiefe Beleuchtungskegel zu wählen, indem man zwei geeignete exzentrische Blenden in den Beleuchtungsapparat einlegte. Es mußte dann nur jede einzelne Austrittspupille des Binokularmikroskops so abgeblendet werden, daß nur das äußere der beiden Blendenbilder in das Auge gelangte. Man sieht leicht ein, daß diese Vorschrift wieder darauf hinauskommt, eine orthopische Stellung der beiden Objektaugen zu erzielen. Aus dem Vorhergehenden ist es klar, daß das hier durchgebildete Prinzip, mit den beiden Beleuchtungskegeln die stereoskopische Wahrnehmung herbeizuführen, in den mikrophotographischen Verfahren schon sehr früh von F. H. Wenham (s. S. 113/114) angewandt worden war.

Es leuchtet ein, daß die von E. Abbe gegebene Behandlung in theoretischer Hinsicht weit über dem stand, was so viele tüchtige Männer vor ihm geleistet hatten. Seine elegante Aufdeckung des Grundes für die Ortho- und die Pseudomorphie bei allen binokularen Mikroskopen mit gemeinsamem Objektiv war ein Ergebnis, an das von seinen Vorgängern niemand auch nur zu denken gewagt hatte. Jetzt nach einem Vierteljahrhundert war der schöne Gedanke F. H. Wenhams, die stereoskopische Wirkung erst durch eine Abblendung (s. S. 73 74) zu erreichen, nicht bloß verwirklicht, sondern durch die Hinzunahme des pseudoskopischen Effekts noch erweitert worden. Von der oben durchgeführten (s. S. 14—16) Behandlung weicht die Abbesche Betrachtungsweise insofern ab, als sie noch auf das Rechts und Links Wert legt, Begriffe, die zweckmäßiger durch orthopisch und chiastopisch zu ersetzen sind.

Daß diese Ansichten aber nicht gleich allgemein anerkannt wurden, zeigte sich sofort, als noch im Herbst desselben Jahres das Abbesche stereoskopische Okular der Londoner Gesellschaft vorgeführt wurde. W. B. Carpenter (4.), der angesehene Vertreter der alten Schule, äußerte sich dazu und nahm, wie es auch richtig war, die Priorität für die dort angewandte Methode der Spaltung jedes einzelnen Strahls für F. H. Wenham in Anspruch. Er traute aber weiterhin der neuen Konstruktion kein orthomorphes Raumbild zu, weil die beiden Halbbilder einander nicht überkreuzten, wie es doch bei den offenkundig orthomorphen Systemen von A. Nachet (s. S. 73) und F. H. Wenham (s. S. 113) geschähe. Seiner Meinung nach könne durch einen einfachen Wechsel der Blenden kein stereoskopischer Effekt in einen pseudoskopischen verkehrt werden.

E. Abbe (2.) antwortete auf diese Ansichten in einer bei der Dar-

stellung seiner Theorie schon benutzten Arbeit und erkannte die Priorität F. H. WENHAMS an. Die unrichtige Schlußfolgerung W. B. CARPENTERS hinsichtlich der Notwendigkeit einer Überkreuzung der Halbbilder wies er im einzelnen zurück.

Sehr bald danach findet sich eine Zustimmung zu den ABBEschen Ansichten in dem englischen Sprachgebiet. Hier erklärte A. C. MERCER (*1.*) die manchmal überraschend auffällig stereoskopische Wirkung nur zweiäugiger Einrichtungen wie der von POWELL und LEALAND in einer sehr glücklichen Weise. Sind die Okulare dem Augenabstande des Beobachters entsprechend gestellt, so nehmen sie beide die Austrittspupillen ganz in sich auf, und man erhält keine Tiefenwahrnehmung. Stehen die Okulare zu tief, ist also ihr Abstand zu gering, so fallen nur die äußeren Teile der Austrittspupillen in die Augen, und es ergibt sich durch die natürliche Abblendung ein orthomorphes Raumbild. Dagegen entsteht ein pseudomorphes Raumbild, wenn der Abstand der zu weit ausgezogenen Okulare für die Augenweite des Beobachters zu groß geworden war, so daß nur die inneren Teile der RAMSDENschen Kreise in seine Augen gelangten.

Einige Jahre danach äußerte sich der alte W. B. CARPENTER (*5.*) noch einmal in einem liebenswürdigen Vortrage zu der ABBEschen Theorie, wie sie von ihrem Autor (*3.*) unmittelbar zuvor in kurzer Zusammenfassung veröffentlicht worden war. Ihm bereitete namentlich der telezentrische Strahlengang mit der Abwesenheit aller perspektivischen Verkürzung Schwierigkeit. Er wünschte darauf hinzuweisen, daß bei schwachen Systemen im binokularen Mikroskop wirklich verschiedene Halbbilder entständen, was ihm E. ABBE zu bestreiten scheine. Diese letzte Annahme beruht auf einem Irrtum. In Wirklichkeit besteht kein wesentlicher Widerspruch zwischen E. ABBE und den von W. B. CARPENTER vertretenen alten Ansichten F. H. WENHAMS. Auch ist es zur Theorie des binokularen Mikroskops durchaus nicht notwendig, immer einen telezentrischen Strahlengang auf der Objektseite anzunehmen.

Ungefähr um dieselbe Zeit, in der das stereoskopische Okular E. ABBES erschien, beschäftigte sich der amerikanische Physiologe W. LE CONTE STEVENS (*1.*) mit der Konstruktion eines für die verschiedensten Zwecke besonders geeigneten Stereoskops, das er im Jahre darauf zur Patentierung anmeldete. Wenn auch die einzelnen Teile der Ausstattung nicht neu sind, so verdient doch ihre Zusammenstellung namentlich in einer so interesselosen Zeit eine Erwähnung. Die prismatischen Linsen lassen sich einzeln nach der Breite verstellen. Eine kleine Zwischenwand kann aufgestellt und niedergeklappt werden. Man kann die Linsen in ihrer Fassung umkehren, gegen einfache Prismen auswechseln und schließlich auch ganz entfernen, so daß man auch Halbbilder ohne Zwischenschaltung von Linsen mit angenähert parallelen oder

mit gekreuzten Augenachsen betrachten kann. Um identische Bilder stereoskopisch zu sehen, kann der Bildträger in zwei um vertikale Achsen drehbare Teile zerlegt werden, die man dann gegeneinander symmetrisch neigen muß. Man sieht, daß hier die von C. TH. TOURTUAL für das WHEATSTONEsche Stereoskop angegebene, dem Patentanmelder sicherlich unbekannte Einrichtung (s. S. 44) auftritt. Ein großer Erfolg durch die Einführung in weite Kreise von Benutzern ist diesem Instrument nicht beschieden gewesen.

Von größerer Bedeutung wurde im englischen Sprachgebiet der praktische Photograph J. HARMER, der in einer geradezu staunenswürdigen Weise einen Ausblick auf ein stereoskopisches Vergleichsinstrument gab, das tatsächlich in den ersten Jahren des folgenden Jahrhunderts von C. PULFRICH in Jena wiedererfunden und veröffentlicht werden sollte. Aus einer Äußerung (*4.*) geht hervor, daß sich J. HARMER in der Glanzperiode der Stereoskopie mit der Anfertigung besonders exakter Stereogramme beschäftigt hatte. Er hat sich namentlich auch damit abgegeben, zwei Stereogramm-Negative so zu einem Positivdruck zu kombinieren, daß keine Störung des Tiefeneindrucks eintrat. Man kann diese seine Anregungen also unmittelbar auf jene Zeit lebendigen Interesses zurückführen und ihn als eines der wenigen Bindeglieder ansehen, die zwischen jener „guten alten Zeit" und der Periode des neuen Aufschwunges stehen.

Seine erste Äußerung (*1.*) noch vom Jahre 1879 hatte wesentlich historisches Interesse, und er machte damals auf die längst vergessene Methode des CLAUDETschen Projektionsstereoskops (s. S. 105) wieder aufmerksam. Wahrhaft bemerkenswert ist erst seine zweite Mitteilung (*2. 3.*), die ihrem Inhalt nach an zwei verschiedenen Orten veröffentlicht, zunächst wohl im Spätherbst 1880 erschienen ist.

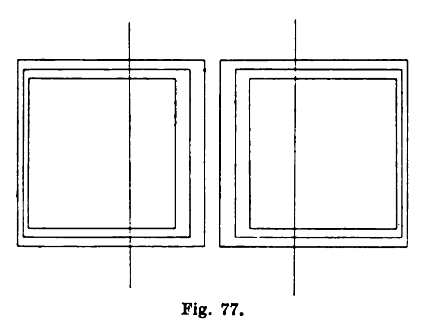


Fig. 77.
Das HARMERsche Stereogramm für die Meßskala.

Es handelte sich dabei um einen Apparat zur Feststellung der Wolkenhöhe, wobei diese durch ein stereoskopisches Meßverfahren angewandt auf Photogramme ermittelt werden sollte. Um die dazu nötige Meßskala zu erhalten, ging J. HARMER empirisch vor (Fig. 77). Er konstruierte in großem Maßstabe ein Quadrat, dem er eine Reihe kleinerer so einbeschrieb, daß immer das nächste die folgenden umschloß. Der Mittelpunkt jedes kleineren Quadrats war immer um einen kleinen Betrag nach rechts versetzt, und schließlich war noch eine senkrechte Marke ein wenig links vom Mittelpunkt durch das umschließende Quadrat gezogen. Machte man von dieser zweiseitig symmetrischen Figur zwei

Diapositive in verkleinertem Maßstabe und legte sie so zusammen, daß die der linken Begrenzung entsprechenden Kanten einander am nächsten waren, so konnte die Vereinigung der beiden symmetrischen Halbbilder bei zweckmäßiger Wahl der Verkleinerung und des Abstandes als Raumbild eine Schar senkrechter, einander paralleler Ebenen hervorrufen, von denen die unter dem kleinsten Gesichtswinkel erscheinende am weitesten entfernt war. Die vertikale Marke aber wurde ganz in den Vordergrund verlegt. Ohne weiteres konnte die Entfernung zwischen diesen Ebenen und dem Beobachter aus der Zeichnung nicht ermittelt werden, und J. Harmer schlug dazu folgendes empirische Verfahren vor, wofür ein genau vermessenes Gebiet mit einer Doppelcamera aufgenommen werden mußte. Der Aufnahmeapparat bestand aus zwei auf einem drehbaren Balken von etwa 15 m Länge montierten Cameras, die zunächst auf eine Landschaft exponiert wurden, in der die Entfernungen aller Objekte durch Messungen zuverlässig bekannt waren. Lege man die Diapositive der Landschaft auf die Platten, die jene Halbbilder der Meßskala tragen, so könne man ohne weiteres für den gegebenen Abstand der Skalenhalbbilder ermitteln, mit welchen Objekten die Ebenen zusammenfielen, und danach für den genau einzuhaltenden Abstand den Tiefenwert der empirisch gewählten Skalenteile feststellen. Exponiere man jetzt die auf die Wolken im Zenit gerichteten Cameras, so könne nunmehr die ausgewertete Meßskala dazu dienen, die Entfernung der Wolken zu bestimmen. Neige man die Cameras unter verschiedenen Winkeln gegeneinander, so müsse man für jede solche Konvergenz eine besondere Meßskala auswerten.

Bei dem hier gewählten Cameraabstande von etwa 15 m war die Steigerung des Reliefs eine etwa 230fache. Man würde also imstande gewesen sein, die Höhe der niedrigen Wolken mit einer befriedigenden, die der höchsten mit einer ausreichenden Genauigkeit zu bestimmen, immer vorausgesetzt, daß die Wolkenformen bestimmt genug waren, um identische Punkte mit Sicherheit auffinden zu können.

Bemüht man sich, diesen Vorschlag J. Harmers dem anzugliedern, was schon früher besprochen worden ist, so erkennt man hier deutlich ein Meßverfahren, das aber insofern von dem auf A. Rollet und E. Mach (s. S. 134) zurückgehenden abweicht, als auch der zu messende Raum in Halbbildern vorliegt. Auf diese unterbrochene Abbildung wird die Rolletsche feste Skala angewandt, nur werden die beiden Räume dadurch einander zugeordnet, daß in der zweiten Brewsterschen Weise (s. S. 81) die wesentlich durchsichtigen Halbbilder des Maßraums einfach auf die des zu messenden gelegt werden. Das Skalenstereogramm kann also als Ganzes über das Stereogramm des zu messenden Raumes hingeschoben werden. Infolge der weiten Trennung der Aufnahmeobjektive war die Empfindlichkeit weit größer als bei dem Rolletschen

Verfahren, und in dieser Hinsicht steht der neue Vorschlag der MACHschen Verwendung eines Telestereoskops nahe. Um Mißverständnisse auszuschließen, sei ausdrücklich bemerkt, daß an eine Beeinflussung J. HARMERS durch die ebengenannten Vorgänger wohl gar nicht zu denken ist, dagegen erscheint eine indirekte Beeinflussung durch Sir DAVID BREWSTER möglich.

Eine Reihe von Jahren verstrich, bevor sich J. HARMER (*5.*) wieder äußerte. Auch diesmal war der Inhalt seines Artikels hauptsächlich historisch und ließ erkennen, daß der Verfasser mit offenen Augen in jener Zeit gelebt hatte, wo sein Lieblingsinstrument in so hohem Maße populär gewesen war. Auch einige recht beachtenswerte, für den durchschnittlichen Benutzer allerdings nicht schmeichelhafte Gründe des Niederganges finden sich angegeben. Als eine neue Möglichkeit der Verwendung erschien ihm die Benutzung des Stereoskops in der Astrophotographie. Vergleiche man zwei zu verschiedenen Zeiten gemachte photographische Aufnahmen eines und desselben Himmelsgebietes im Stereoskop, so müßten sich Bewegungen eines Sternes in bezug auf seine Nachbarn im Stereoskop als Tiefenverschiedenheiten herausstellen. Auch spektrographische Aufnahmen könne man im Stereoskop vergleichen und aus einer Ortsänderung ganzer Liniengruppen auf eine Bewegung der Lichtquelle schließen, auf die jene Gruppen zurückzuführen seien.

Sehr nahe steht diesem Aufsatz eine Mitteilung (*6.*) aus dem Jahre 1892. Hier schlug J. HARMER vor, die photographische Aufnahme binokular mit dem Bilde in der Brennebene des Objektivs zu vergleichen, um auch die Zuverlässigkeit der Wiedergabe einer strengen Prüfung zu unterziehen. Der Hauptfortschritt lag aber darin, daß er — möglicherweise auf Grund dieser Vergleichung im Teleskop — die Forderung aussprach, die miteinander zu vergleichenden Plattenpaare unter starker Vergrößerung zu prüfen.

Weitere Arbeiten dieses Mannes sind in der hier benutzten Literatur nicht vorhanden. Es scheint nicht, als sei jemals der Versuch gemacht worden, die Ideen J. HARMERS in die Wirklichkeit überzuführen. Es war ein Unglück, daß sie in der photographischen Fachpresse vergraben blieben und nicht in den Gesichtskreis der Physiker und Astronomen kamen.

Das Interesse fehlte diesen Kreisen nicht ganz, denn nur ein halbes Jahr nach J. HARMERS (*5.*) Äußerung veröffentlichte der amerikanische Geodät CH. H. KUMMELL (*1.*) die Anregung, die Astronomen sollten zur Entdeckung von Fixsternparallaxen das Stereoskop verwenden. In der praktischen Bekanntschaft mit diesem Instrument stand er J. HARMER sicherlich nach, betonte er doch ausdrücklich, daß es sich hier nur um einen Vorschlag handele, dessen Brauchbarkeit sich erst zeigen solle.

Ungefähr um dieselbe Zeit versuchten M. WOLF und PH. LENARD,

wie M. Wolf (*1.*) 1895 berichtete, die gleiche Idee für die Auffindung von Planetoiden zu verwenden; doch war ihnen ebensowenig Erfolg beschieden wie V. Wellmann (*1.*), der etwas später, 1892, auf W. Försters Anregung von den Doveschen Vergleichungen eines Originals mit seiner Kopie ausgehend, ebenfalls Sternbewegungen zu erkennen strebte. In diesem, vor dem Wolfschen veröffentlichten Aufsatze findet sich auch ein Hinweis auf die Vorgängerschaft Ch. H. Kummells.

In gewisser Weise auf die binokularen Mikroskope zurück führen die um den Ausgang der achtziger Jahre angestellten Bestrebungen, eine binokulare Lupe herzustellen.

Der Berliner Zoologe F. E. Schultze (*1.*) hatte den Rostocker Optiker H. Westien (*1.*) veranlaßt, aus zwei Chevalier-Brückeschen Lupen ein Doppelinstrument zusammenzusetzen und es unter Patentschutz zu stellen. Es handelte sich zuerst um schwache (6- und 10fache) Vergrößerungen. Die Achsen der beiden Lupen schnitten sich unter dem gewöhnlichen Konvergenzwinkel bei der Beobachtung naher Gegenstände. Dabei war es notwendig gewesen, die Innenseiten der Objektivlinsen zu beschneiden, um sie genügend aneinanderrücken zu können.

Etwas später, 1890, hat R. H. Aubert (*1.*) eine solche Doppellupe von etwas stärkerer (25facher) Vergrößerung als *binokulares Perimikroskop* vorgeschlagen und sich damit schon mehr den Doppelmikroskopen genähert, die bald von H. S. Greenough erfolgreicher behandelt werden sollten.

Die Vorzüge der soeben besprochenen Konstruktionen lagen besonders in dem großen Objektabstande und der Helligkeit, die beide auch der Einzellupe dieses Typus zukommen. Homöomorph sind sie nicht, da — von allem andern abgesehen — durch diese Lupen die Gesichtswinkel vergrößert werden; ja, es entsteht nicht einmal ein Raumbild im eigentlichen Sinne, da sich homologe Strahlen im allgemeinen kreuzen.

Ein Rückblick auf diese vier Lustren kann nur Bedauern wachrufen. Sicherlich hat es auch in diesem Zeitraum nicht an guten Köpfen, ja an hervorragenden Begabungen gefehlt, aber die Gleichgültigkeit der Menge ließ die Worte der Hingabe und Begeisterung, die jenen Vorkämpfern wohl zu Gebote standen, ungehört verhallen. An der Verzögerung der Weiterentwicklung, für die dem Zurückblickenden alle wesentlichen Bedingungen gegeben scheinen, kann man das unheimliche Nachwirken der früheren Verschuldung erkennen. Was frommte aller Eifer und alle Begabung, was nützten die besten Vorschläge, wenn sich die Zeitgenossen stumpf und dumpf von dem blendenden Spiele der Ideen abkehrten?

6. Das Erwachen des Interesses in den neunziger Jahren.

Ganz allmählich beginnt sich eine Hebung des gänzlich daniederliegenden Interesses an stereoskopischen Darstellungen fühlbar zu machen. In englischen Schriften wird nicht selten J. TRAILL TAYLOR (*2.*), dem angesehenen Redakteur der wichtigsten photographischen Fachzeitschrift, das Verdienst zugerechnet, durch einen zusammenfassenden Aufsatz vom Jahre 1887 die Anteilnahme für die Stereoskopie geweckt zu haben. Gewiß wird eine solche Anregung bei der großartigen Bedeutung der Fachpresse in jenem Lande sehr wichtig gewesen sein, aber auf sie allein wird man den sehr deutlichen Umschwung nicht zurückführen können. Das allgemeine Interesse an der Photographie erstarkte um die gleiche Zeit in jenem für diese Kunstfertigkeit so wichtigen Lande sichtlich, und das Auftreten der neuen Objektivtypen, das auf den Anfang der neunziger Jahre zu verlegen ist, wird ebenfalls mit dazu beigetragen haben, die Stereoskopie aus ihrem tiefen Schlummer zu erwecken.

Für das große Publikum hat sicherlich auch die Einführung der Prismendoppelfernrohre mit gesteigertem Objektivabstande eine merkbare Anregung gegeben, die Blicke auch auf die verwandten stereoskopischen Instrumente zu richten. So wird sich zeigen lassen, daß in diesem Zeitraum eine aufsteigende Bewegung entsteht, die, wenn auch geschichtslos und nicht immer richtig geleitet, vorteilhaft absticht von den unmittelbar vorhergehenden Jahrzehnten, so wenig sie auch die Blütezeit der fünfziger Jahre zu erreichen vermag.

Die Förderung der stereoskopischen Photographie und der Stereoskope.

Im Herbst des Jahres 1891 suchte LOUIS DUCOS DUHAURON (*1. 2.*) ein französisches Patent auf ein Druckverfahren nach; es hatte die Herstellung von solchen Stereogrammen zum Ziel, die zur Hervorrufung des Raumbildes nur eines geringen Instrumentariums bedurften. Das Verfahren bestand darin, daß die beiden Bilder in zwei verschiedenen Farben auf weißes Papier gedruckt und durch eine Brille mit Gläsern entgegengesetzter Farbe betrachtet werden. Wenn der Verfasser in seiner Beschreibung auch auf das Verfahren CH. D'ALMEIDAS (s. S. 89) hingewiesen hatte, so ist doch ohne weiteres klar, daß es die noch ältere Methode W. ROLLMANNS war, die hier zu verdienten Ehren kam (s. S. 83). Die Patentschrift betonte ferner in einer nicht sehr exakten Weise die Notwendigkeit, eine etwa dem Augenabstande entsprechende Entfernung homologer Punkte entfernter Objekte einzuhalten. Durch eine Verschiebung

transparenter Bilder übereinander hin könne man Wirkungen nach Art der Phantasmagorien erzielen, d. h. den Anschein erwecken, als änderten die Raumbilder rasch ihre Größe. Auch identische Halbbilder könnten eine gute Wirkung ergeben. Stereogramme nach diesem Verfahren sind öfter als *Anaglyphen* beschrieben worden.

Eine der ersten Anwendungen dieses Verfahrens im deutschen Sprachgebiete scheint eine Beilage zur Deutschen Photographen-Zeitung, einer wesentlich für Berufsphotographen bestimmten Wochenschrift, gewesen zu sein, und zwar wurde die betreffende Nummer im Frühjahr 1894 versandt. Später hat sich diese Methode durch die Weltbilder bekannt gemacht, die der Deutsche Verlag in Berlin danach herstellte und in den Handel brachte.

Noch in demselben Jahre, in dem L. Ducos Duhauron sein französisches Patent erhielt, ließ sich der Londoner Feinmechaniker J. Anderton (*1.*) ein neues Verfahren zur stereoskopischen Projektion schützen. Die Trennung der übereinander projizierten Halbbilder wurde in diesem Falle durch den Polarisationszustand des Lichts herbeigeführt. Das Licht, das jedes der beiden Halbbilder sichtbar machte, war linear polarisiert, und zwar standen die Schwingungsebenen der beiden Lichtbüschel senkrecht zueinander. Die Augen des Beschauers wurden mit Analysatoren bewaffnet, die nur das Licht des zugehörigen Bildes hindurchtreten ließen. Polarisatoren und Analysatoren waren Glasplattensätze, deren Elemente nicht ganz parallel zueinander angeordnet waren, damit die sonst störenden Nebenbilder möglichst vermieden wurden. Als Schirm konnte jede Fläche dienen, die den Polarisationszustand des auffallenden Lichts bei der Reflexion nicht aufhob; als besonders günstig empfahl der Autor einen Leinenschirm, der mit mattem Silberpapier beklebt war.

Ein solcher Schirm hatte aber den Nachteil, zu wenig zu streuen, und infolgedessen mußten die Plätze der Zuschauer ziemlich in der Mitte vor dem Schirme angeordnet werden, weil sich sonst leicht eine ungleichmäßige Beleuchtung für sie ergab. Zur Abhilfe schlug J. Anderton (*2.*) eine vertikale Streifung der spiegelnden Schirmfläche vor, und er empfahl bei dieser Gelegenheit gleich eine etwas veränderte Fassung der Glasplattensätze, bei der durch Verkittung ein besserer Schutz gegen Feuchtigkeit erreicht worden war.

Die Amateurphotographen beschäftigten sich vielfach mit Stereoskopaufnahmen, doch kamen sie in ihren Vorschlägen meistenteils auf Ideen zurück, die längst in der Blütezeit der Stereoskopie ausgesprochen worden waren. In der vorliegenden Schrift sind solche Neuerfindungen in der Regel ganz unerwähnt gelassen worden. Ab und zu aber findet sich auch ein neuer Gedanke. Hierher gehört der Krausesche Vorschlag (*1.*), Aufnahmen auf Platten im Format 13 : 21 cm ohne Einbuße für ein gewöhnliches Stereoskop verwendbar zu machen. In seiner nur mit einem

Objektiv ausgerüsteten Camera verschob er das Objektiv um 10,5 cm und fertigte die Halbbilder seiner Landschaftsaufnahmen nacheinander an. Um nun ein für sein Stereoskop brauchbares Bildformat zu erhalten und doch den Gesichtswinkel nicht zu verkleinern, reduzierte er seine Aufnahmen etwa in dem Verhältnis von 4 auf 3. Da die Zentren bei der Aufnahme einen größeren Abstand hatten, als der Augenabstand des Beschauers betrug, so wird das Raumbild in einem zweckmäßig gebauten Stereoskop zwar etwas kleiner aber doch homöomorph ausgefallen sein.

Schon im nächsten Jahre, 1894, wurde eine Vorkehrung vorgeschlagen, um ebenfalls mit einem einzelnen Objektiv für Stereoskopaufnahmen auszukommen, dabei aber doch für gleichzeitige Aufnahmen gerüstet zu sein. Die Einrichtung war TH. BROWN (*1.*) geschützt worden, und sie wurde unter der Bezeichnung *Stereo-Photo-Duplicon* von der Firma J. FALLOWFIELD herausgebracht. Es handelte sich hier um ein System aus zwei Spiegelpaaren, das die rechte und die linke Hälfte des Hauptstrahlenbüschels für die Bildung des rechten und des linken Halbbildes beanspruchte. Die Theorie der Einrichtung mag hier folgen.

Man läßt zweckmäßig die inneren Spiegel unter 90 Graden zusammenstoßen und gibt nach der Darstellung des Erfinders (*1.*) den äußeren eine veränderliche Neigung, um sowohl Landschaften als auch nahe Gegenstände aufnehmen zu können. In der Fig. 78 ist ein Horizontalschnitt durch das für ferne Objekte eingerichtete Instrument dargestellt, und zwar ist dabei die Neigung der Außenspiegel so gewählt, daß die Strahlen parallel zueinander und zur Achse des Objektivs austreten, die für jedes Halbsystem in der Mitte des Gesichtsfeldes verlaufen; sie seien als *Mittelstrahlen* bezeichnet. Die nötigen Formeln lassen sich leicht durch mehrfache Anwendung des Sinussatzes ermitteln, und man kann unschwer zeigen, in welcher Weise die Trennung der beiden Projektionszentren von den Daten abhängt. Als solche kommen in Betracht der Abstand der inneren Spiegelkante von der Eintrittspupille, die auf dem Mittelstrahl gemessene Entfernung beider Elemente eines Spiegelpaares, der halbe Gesichtswinkel eines jeden Halbsystems, d. h. der Winkel $\bar{w}$ zwischen Mittelstrahl und Achse, und, wenn man will, der Winkel zwischen den inneren Spiegeln, der aber, wie oben erwähnt, meistens gleich einem Rechten gesetzt wird. Wie auch auf der Figur (unten an beiden Außenseiten) angedeutet, sieht man leicht ein, daß ein solches Spiegelsystem für Objektivöffnungen, die gegen die inneren Spiegel gehalten klein sind, eine nicht ungünstige Lichtverteilung vermittelt, wenn die Spiegel auch nur so groß gewählt werden, wie es der Gang der Hauptstrahlen erfordert. Die Einstellungsebenen sind natürlich senkrecht zu den inneren Grenzstrahlen anzunehmen, die nach der doppelten Spiegelung ja in die Achsenrichtung fallen. Man sieht aus der Figur ohne weiteres, daß für eine

korrekte Betrachtung die Abbildskopien nicht auf einem einfachen planen Träger vereinigt werden dürfen, sondern daß dieser in einer aus der Figur verständlichen Weise durch zwei Ebenen zu bilden ist, die unter einem ganz bestimmten Winkel zusammenstoßen. Bei einer solchen richtigen Betrachtung wird das Bild im allgemeinen homöomorph und tautomorph dann, wenn die Trennungsstrecke der beiden Projektionszentren $P_l P_r$

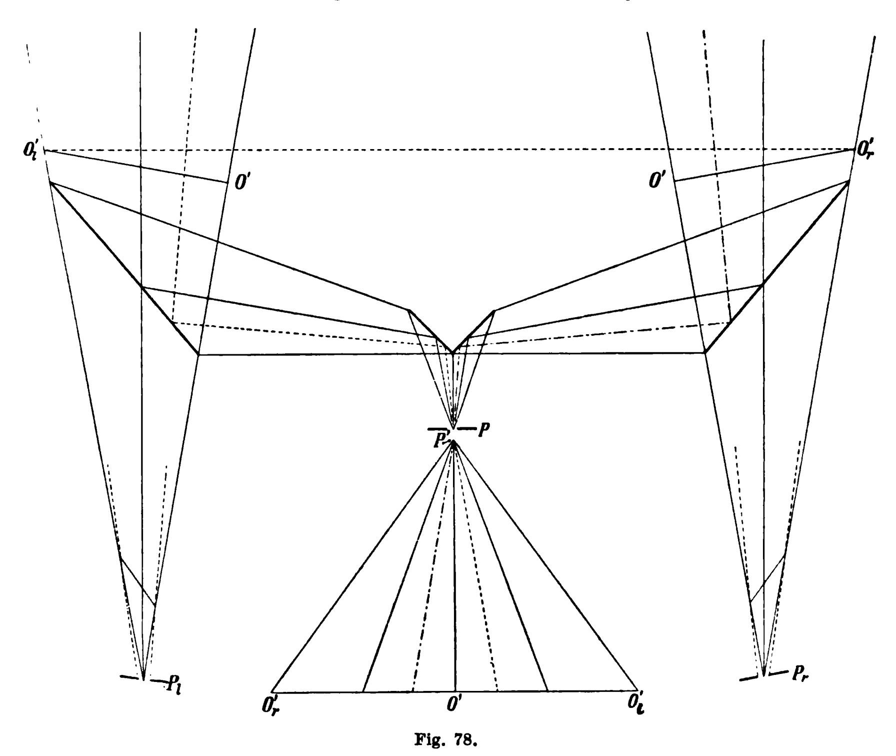


Fig. 78.

Ein schematischer Horizontalschnitt durch das Photo-Stereo-Duplicon TH. BROWNS. Die obere gestrichelte Horizontale läßt die Neigungswinkel erkennen, unter denen die Abbildskopien $O' O'_l$; $O' O'_r$ aufgestellt sein müssen.
P_l und P_r sind die Spiegelbilder der Eintrittspupille P. Die von ihren Rändern ausgehenden gestrichelten Geraden schließen die Gebiete ohne Vignettierung ein. Das Objektiv ist im allgemeinen unsymmetrisch.

gleich dem Augenabstand des Beobachters wird, eine Einrichtung, die TH. BROWN herbeizuführen bestrebt war.

Eine Bemerkung muß noch zu der Lage der Halbbilder auf der Platte gemacht werden. Wie man aus der Verfolgung der beiden nach einem näheren Objektpunkt zielenden und der Seite 12 entsprechend gestrichelten Strahlen ersieht, liegen die (natürlich umgekehrten) Halbbilder, da sie sich ja beim Durchtritt durch das Objektiv gekreuzt haben, orthozentrisch, und das ist zweifellos ein Vorteil dieser Einrichtung.

TH. BROWN (2.) hat davon auch später Gebrauch gemacht und vorgeschlagen, das Stereogramm auf der Mattscheibe gleich mit einem gewöhnlichen Stereoskop zu betrachten. Um die Beobachtung bequemer zu machen und gleichzeitig die Halbbilder aufzurichten, benutzte er eine Reflexcamera mit einem unter 45 Graden nach unten und vorn geneigten Spiegel. Man sieht ein, daß hier auf eine einfache Weise das Camerastereoskop Sir DAVID BREWSTERS (s. S. 85) verwirklicht worden ist, wofür er damals noch sein Fernrohrstereoskop hatte benutzen müssen. Auch eines der DUBOSCQschen Stereoskope war für diesen Zweck (s. S. 64) verwandt worden. TH. BROWN machte darauf aufmerksam, daß man es hier mit einer stereoskopischen *Camera obscura* zu tun habe.

Eine ganz unerwartete Förderung erhielt die Stereoskopie durch die nach dem RÖNTGENschen Verfahren angefertigten Radiogramme. Diese Entdeckung war im Ausgange des Jahres 1895 gemacht und bei der Jubiläumsausstellung der Berliner physikalischen Gesellschaft veröffentlicht worden. Sobald man erst auch an anderen Orten der Schwierigkeit, die Instrumente richtig zu handhaben, Herr geworden war, versuchte man sehr bald die Schattenbilder für beidäugige Beobachtung zu verwenden. Einer der ersten, der diese Aufgabe in Angriff nahm, war E. MACH, wie das aus dem von J. M. EDER (1.) und E. VALENTA erstatteten Bericht hervorgeht. Er versuchte schon im Februar 1896 das Raumbild eines schattenwerfenden Menschengerippes durch direkte Beobachtung zu erhalten. Mit zwei, allem Anschein nach in 65 mm Entfernung aufgestellten HITTORFschen Röhren entwarf er die Schattenbilder eines Menschenkörpers auf dem Bariumplatincyanür-Schirm; doch war die Intensität des Lichts zu gering, um eine deutliche Wahrnehmung des Raumbildes zu gestatten. Es scheint, daß er dann zu photographischen Aufnahmen griff, und zwar hat E. VALENTA (2.) über die Versuchsanordnung berichtet, daß er einen Abstand der Lichtquelle vom Objekt von 25 cm einhielt und für die zweite Aufnahme die Röhre um den Betrag des Augenabstandes verschob. Die so erhaltenen Radiogramme ergaben im Stereoskop den gewünschten Effekt. Über die Art des dabei benutzten Stereoskops verlautet nichts Näheres; doch ist klar, daß sich hierfür ein WHEATSTONEsches Spiegelinstrument besonders gut geeignet haben würde. — Eine Modifikation des von E. VALENTA beschriebenen Verfahrens schlug P. CZERMAK (1.) kurz darauf vor, und zwar ersetzte er die Verschiebung der Strahlungsquelle durch eine solche des aufzunehmenden Objekts. Nebenbei gab er auch einige Regeln zur Erzielung eines möglichst homöomorphen Eindrucks. — Die erste MACHsche Methode der direkten stereoskopischen Betrachtung scheint 1899 von M. DAVIDSON (1.) mit Erfolg wiederaufgenommen worden zu sein. Allerdings wich er davon insofern ab, als er analog dem Verfahren von CH. D'ALMEIDA (s. S. 90) vor zwei RÖNTGENschen Röhren einen undurchlässigen, mit zwei Öffnungen ver-

sehenen Schirm rotieren ließ; ein ähnlicher Schirm rotierte synchron vor den Augen des Beobachters, so daß ein jedes Auge nur das Schattenbild auf der Fläche sah, das von der gegenüberstehenden Röhre stammte. Danach scheint hier immer das pseudomorphe Raumbild beobachtet worden zu sein, das allerdings dann besonders einfach ist und zu einem Spiegelbild des Objekts in bezug auf den leuchtenden Schirm wird, wenn die beiden Zentren der RÖNTGENschen Strahlen genau symmetrisch zu den Augen des Beobachters angeordnet sind. — Ein ähnliches Verfahren veröffentlichte TH. GUILLOZ (*1.*) nach einer hier nicht zugänglichen Quelle im Jahre 1900. Es wurde 1902 von ihm (*2.*) unter Bezugnahme auf das Verfahren CH. D'ALMEIDAS beschrieben, und als neues findet sich ein Meßverfahren nach der Art, die von TH. MARIE und H. RIBAUT (s. S. 183) zuerst für stereoskopische Radiogramme empfohlen worden war. Die Messungen wurden an jenem pseudoskopischen Raumbilde ausgeführt.

Jedenfalls kann man aus der Geschichte der stereoskopischen Radiogramme den Schluß ziehen, daß die glänzende Entwicklung der Stereoskopie in der Blütezeit auch in den Kreisen der Wissenschafter gänzlich vergessen war; wer nicht noch, wie E. MACH, selber in jener Zeit wurzelte, der wußte nichts mehr von ihr, und es ist gar nicht ausgeschlossen, daß die ALMEIDAsche Methode der intermittierenden Beleuchtung auch hier wiederum, wie schon so oft vordem, neuerfunden worden ist.

Von neuvorgeschlagenen Stereoskopen ist zunächst das Orthostereoskop F. STOLZES (*2.*) zu erwähnen. Dieses Instrument gehörte zu der Klasse der WHEATSTONEschen Linsenstereoskope und war mit einem dreifachen Satz von Doppellinsen ausgerüstet, die einzeln oder in zweifachen oder dreifachen Kombinationen jedem Auge sechs verschiedene Betrachtungsbrennweiten zwischen 23 und $5^1/_2$ cm zur Verfügung stellten. Auf diese Weise gestatteten sie noch mehr wie die von H. HELMHOLTZ vorgeschlagenen Kombinationen nur zweier Linsen (s. S. 124) eine Anpassung an verschiedene Aufnahmeobjektive. Die in der Medianebene des gewöhnlichen Stereoskops liegende Scheidewand war durch eine sehr zweckmäßige Rahmeneinrichtung ersetzt, wobei im dritten Teil des Bildabstandes eine der Bildebene parallele Fläche mit zwei rechteckigen Ausschnitten angebracht war, deren virtuelle Bilder vereinigt wie ein Ausschnitt in einem physischen Schirm wirken sollten, durch den hindurch das Raumbild betrachtet werde.

Hierher gehört ferner F. DROUIN (*2.*), der sich bereits (*1.*) durch ein mit Beifall aufgenommenes Lehrbuch der Steroskopie vorteilhaft bekannt gemacht hatte. Sein erstes, aus dem Jahre 1895 stammendes Stereoskop beruht auf dem ALMEIDAschen Prinzip der zeitlichen Trennung der Halbbilder, und zwar war zur Durchführung die Anordnung des Thaumatrops gewählt worden (Fig. 79, S. 168). Die beiden Halbbilder wurden auf die Vorder- und auf die Rückseite eines Kartons geklebt, und dieser befand sich,

wie die Figur erkennen läßt, in einem die Augenöffnungen tragenden Zylinder. Die beiden Öffnungen sind voneinander um 180 Grad entfernt und stehen je dem zugehörigen Halbbilde gegenüber. Der ganze Apparat muß schnell um die Achse des Zylinders rotieren, und seine Anwendung erfordert, wie man leicht einsieht, eine helle Beleuchtung der beiden Bilder.

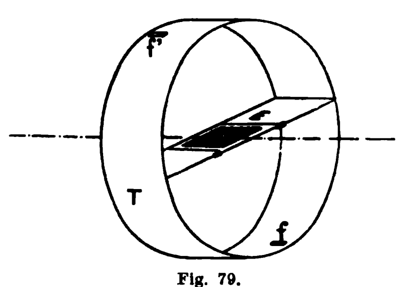


Fig. 79.
F. Drouins (2.) stereoskopisches Thaumatrop.

Derselbe Autor trat einige Jahre später (3.) mit einer Vorrichtung auf, die an ein zuerst von H. W. Dove (s. S. 62) und Sir David Brewster (s. S. 84) verwirklichtes Prinzip erinnert. Es handelt sich nämlich darum, von den beiden Halbbildern nur eines direkt, das andere aber durch ein geeignetes Prisma oder eine Spiegelkombination zu betrachten. Bei seinen Versuchen war es H. W. Dove auf die Eigenschaften des Prismas nur insoweit angekommen, als er chromatische Abweichungen auf alle

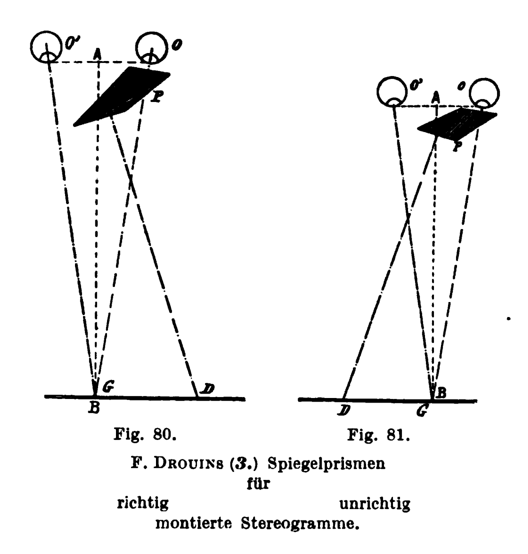


Fig. 80. Fig. 81.
F. Drouins (3.) Spiegelprismen für richtig / unrichtig montierte Stereogramme.

Weise auszuschließen strebte, Spiegelverkehrungen und Ablenkungen der Hauptstrahlrichtungen waren ihm gleichgültig, da er seine einfachen geometrischen Zeichnungen immer leicht der besonderen Natur des Prismas anpassen konnte. F. Drouin ging darüber hinaus und schloß sich insofern mehr Sir David Brewster an, als er sein Hilfsmittel auch für gewöhnliche Stereogramme verwendbar gemacht hatte. Er gab seinem Prisma zwei Reflexionen, um die Spiegelverkehrungen auszuschließen, und

er führte in einer für die Praxis sehr zweckmäßigen Weise eine Richtungsänderung der Hauptstrahlen ein (Fig. 80 u. 81). Er konnte auf diese Weise sein Spiegelprisma sowohl für richtig als für unrichtig montierte Kopien verwenden. In Rücksicht auf die Homöomorphie war die Einführung eines endlichen Konvergenzwinkels für Fernpunkte bei Aufnahmen mit parallelen Cameras ein Mangel, doch wird man das Reflexionsprisma F. Drouins wohl mehr als ein Instrument zur schnellen Durchmusterung zahlreicher Stereogramme ansehen, denn als ein nach allen Richtungen korrekt konstruiertes Instrument. Dazu fehlt ihm schon die Vergrößerung, die für die meisten, nämlich für alle mit kurzbrennweitigen Objektiven angefertigten Stereogramme nicht zu entbehren ist.

Die Forderung, auch unrichtig montierte Stereogramme verwendbar zu machen, tritt in dieser Zeit häufig auf, und das ist auch ganz verständlich. Bei der gewöhnlichen Parallelcamera müssen die Kopien der negativen Halbbilder für sich umgekehrt werden (s. S. 17), wenn sich keine pseudoskopische Wirkung ergeben soll. Das führt auf die Notwendigkeit, entweder die Negative oder die Positivkopien des Negativs zu zerschneiden, und das ist bei Glasbildern eine unangemehme Operation. Hat man nun ein Verfahren, das auch falsch montierte Halbbilder so zu betrachten gestattet, daß sich ein orthoskopisches Raumbild ergibt, so fällt die Notwendigkeit jener Zerschneidung fort. Rücksichten auf die Bequemlichkeit spielen aber eine um so größere Rolle, je weniger unterrichtet der Benutzer ist, und je mehr er die Stereoskopphotographie nur als Modesache betreibt. Kommt es ihm bei seinen Aufnahmen nur auf das Endergebnis eines plastischen Raumbildes an, während seine Beziehung zum Objekt unverstanden bleibt, so werden solche Hilfsmittel Erfindern lohnend erscheinen. Und sie haben auch wohl nur darum bis jetzt keinen großen Anklang gefunden, weil ihre Leistung nicht über allen Zweifel erhaben war.

Die Dovesche Anordnung der beiden Amicischen Reflexionsprismen (s. S. 61) eignet sich dafür, da sie die Objektaugen in die chiastopische Stellung bringt; sie wurde ja schon ziemlich früh von J. Duboscq (s. S. 63) für diesen Zweck angewandt, doch ist bei diesem Gebrauch ihr Gesichtsfeld wohl immer als gar zu klein empfunden worden, und auch später ist ihre Einführung nicht geglückt.

Ganz gegen Ende des hier betrachteten Zeitraums trat in England ein anderer Vorschlag auf, der eine solche Spiegelwirkung bereits in den Aufnahmeapparat legen wollte, daß die Halbbilder eine orthozentrische Stellung erhielten (Fig. 82, S. 170). Gewiß ist das Instrument W. K. L. Dicksons (*1.*) von theoretischen Bedenken frei, aber auch hier wird das Gesichtsfeld des rechten Objektivs durch das Reflexionsprisma beschränkt worden sein. Sicherlich ist der Gedanke, durch eine einfache Verschiebung des rechten Prismas den Objektivabstand zu steigern, ganz verlockend, aber die

aus der Herabsetzung des Gesichtsfeldes folgenden Einwände sind doch zweifellos von größerem Gewicht. Und bedenkt man, daß alle diese optischen Mittel doch nur deshalb aufgewendet werden, um weniger Gutes auf bequemere Weise zu erhalten, so muß man es als eine gerechte Vergeltung solchen Unterfangens ansehen, daß auch diese Idee keinen größeren Anklang gefunden hat.

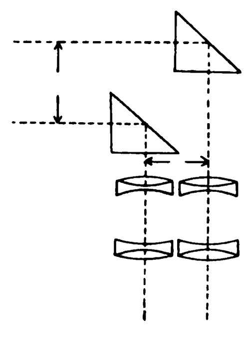


Fig. 82.
Ein Horizontalschnitt durch die DICKSONsche (*1.*) Camera.

Fast am Schluß des letzten Zeitraums machte H. H. HILL (*1.*) zwei nicht durchaus neue Versuche, ein einzelnes Photogramm körperlich zu sehen. Der erste davon, in dem zwei unter einem Winkel zusammenstoßende Planspiegel benutzt werden, kommt auf den Vorschlag von J. B. DONAS (s. S. 69) hinaus und steht wie jener der TOURTUALschen Idee nahe. Seine zweite Anregung, bei der zwei Prismen verwandt wurden, die sich ihre Basen zukehrten, gehört nicht unter die stereoskopischen Instrumente. Es handelt sich hier — H. H. HILL wohl ganz unbewußt — um die auf W. ZENKER und das Jahr 1872 zurückgehende Idee, eine dem BREWSTERschen Prismenstereoskop entgegengesetzte Wirkung hervorzubringen. Näheres darüber findet sich bei M. VON ROHR (*5. 363.*) Wenn H. H. HILL noch Lupen zwischen seine Prismen und die Augen des Beobachters setzte, so ist das eine Neuerung, für die ihm wohl die Priorität zukommt.

Hinsichtlich der Stereoskopie bleibt nunmehr noch die Besprechung der Lehrbücher übrig, die in diesem Zeitraum von größerer Wichtigkeit sind.

Im Jahre 1894 veröffentlichte der mit seinem Orthostereoskop bereits erwähnte Fachschriftsteller F. STOLZE (*2.*) eine sehr bekannt gewordene Anweisung für die Anfertigung von Stereogrammen, der er einige theoretische Darlegungen beigab. Da die kleine Schrift für ausübende Photographen bestimmt war, so gab er seine Anweisungen in der Form von einfachen Regeln und illustrierte sie durch schematische, meistens den Horizontalschnitt wiedergebende Zeichnungen. Er behandelte dabei die hauptsächlichsten Heteromorphien und tat im einzelnen auch der Formänderung Erwähnung, die sich im Raumbilde zeigt, wenn man die beiden Halbbilder in ihrer Ebene um die gleiche horizontale Strecke gleichsinnig verschiebt. Er vertrat sehr bestimmt die Ansicht, daß jedes Stereogramm so begrenzt werden müsse, daß sich ein vor dem Raumbilde liegender Rahmen bei der Betrachtung ergäbe. Von Neigungsbildern wollte er (*2. 19.*) gar nichts wissen, sondern er forderte stets sorfältige Horizontalstellung der Objektivachsen, deren Abstand er möglichst 65 mm zu nähern empfahl. Sein schon auf S. 167 besprochenes Orthostereoskop war ebenfalls für solche horizontalen Aufnahmen eingerichtet.

Eine wichtige Rolle spielt ferner der französische Pädagoge L. Cazes. Schon im Jahre 1885 hatte er (*1.*) sich an der von J. Marey gestellten Aufgabe versucht, vollkommene Homöomorphie zu erzielen, und hatte dabei nachdrücklich auf die Schwierigkeiten hingewiesen, die in der Akkommodation des Auges liegen. Durch den Fortfall dieser mit der Konvergenz so eng verbundenen Muskeltätigkeit konnte seiner Ansicht nach leicht die Naturtreue leiden. Er wünschte daher eine solche Verkleinerung des Raumbildes, daß seine Tiefenerstreckung ganz in das Akkommodationsgebiet des Beobachters falle.

Eine genauere Ausführung seiner Ideen ließ er (*2.*) zehn Jahre später in einem besonderen Werkchen erscheinen, das verdientermaßen in Frankreich eine große Verbreitung gefunden zu haben scheint. Als Grundforderung blieb die Erzielung eines homöomorphen Raumbildes bestehen, aber er untersuchte im Anfang der Schrift mit den Hilfsmitteln der elementaren Mathematik eine große Zahl von Fällen, wo sich die von den perspektivischen Zentren nach homologen Punkten gezogenen Strahlenpaare wirklich schneiden und nicht bloß kreuzen. Es wurden von Heteromorphien auf diese Weise untersucht porrhallaktische Änderungen, die Stolzeschen Heteromorphien bei gleichsinniger Horizontalverschiebung der Halbbilder, die Reliefbilder und die Folgen einiger weniger wichtigen Drehungen der Bilder. Eine besondere Behandlung erfuhren die Konvergenzaufnahmen, sobald sie ausgebreitet in einem gewöhnlichen Stereoskop betrachtet wurden. Wie Th. Sutton vor ihm (s. S. 100) erhielt auch er das Resultat, daß man in einem solchen Falle von einem wirklichen Raumbilde überhaupt nicht sprechen könne. — Bei der Behandlung der Akkommodation, worauf er hier wie in der früheren Arbeit einen großen Wert legte, betonte er seine Forderung, das Raumbild stets in einer solchen Entfernung zu entwerfen, daß das dafür geltende Akkommodationsgebiet die Tiefe des Raumbildes übertreffe oder sie mindestens doch erreiche. Die Bestimmung dieser Größe für die verschiedenen Objektentfernungen wurde für eine konstante Pupillenöffnung gemacht, und es ergab sich im Laufe der Untersuchung, daß der nächste noch scharf erscheinende Punkt 3,3 m vom Beobachter entfernt sei. — Legt man eine mittlere angulare Unschärfe von $2'$ zugrunde, so ergibt sich ein Pupillendurchmesser von 4 mm aus jenen Angaben. — Bei der Aufnahme von Stereogrammen habe man die Möglichkeit, entweder tautomorphe Raumbilder zu schaffen oder durch Steigerung der Objektivtrennung ein verkleinertes homöomorphes Raumbild hervorzubringen, bei dem die Tiefen deutlicher wahrgenommen würden. Man müsse dabei aber darauf achten, daß das Akkommodationsbereich nicht überschritten werde, und daß die nächsten Punkte des Raumbildes mindestens noch um die deutliche Sehweite vom Beobachter entfernt seien. — Nach einer kurzen Übersicht über die Entwicklung der Stereoskopapparate schlug er sein

Stereoskop für große Photogramme vor. Es war ein nach Art des Telestereoskops gebautes, mit Metallspiegeln ausgestattetes Instrument. Beide Spiegelpaare waren auf zwei gegeneinander senkrechten Trägern beweglich, damit sie dem Augenabstande des Beobachters und der Entfernung homologer Punkte im Stereogramm angepaßt werden konnten. — Waren die Halbbilder von einer Breite, die den Augenabstand nicht überstieg, so schlug L. Cazes vor, sie direkt und gegebenenfalls durch passende Brillengläser zu betrachten.

Die Einführung der neuen Doppelfernrohre.

In der Besprechung der Vorbereitung auf die Wheatstonesche Entdeckung war (s. S. 34) des Wiener Optikers Fr. Voigtländer gedacht worden, der zwei achromatisierte Fernrohre von holländischem Typus so miteinander verband, daß ihre beiden Achsen parallel gerichtet waren. Doppelgläser dieser Art verbreiteten sich zuerst allem Anscheine nach sehr langsam, dann aber schneller und schneller, und die Annahme wird wohl ziemlich das Richtige treffen, daß um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts holländische Doppelfernrohre sehr verbreitet waren und die Einzelrohre dieser Konstruktion mehr und mehr verdrängten.

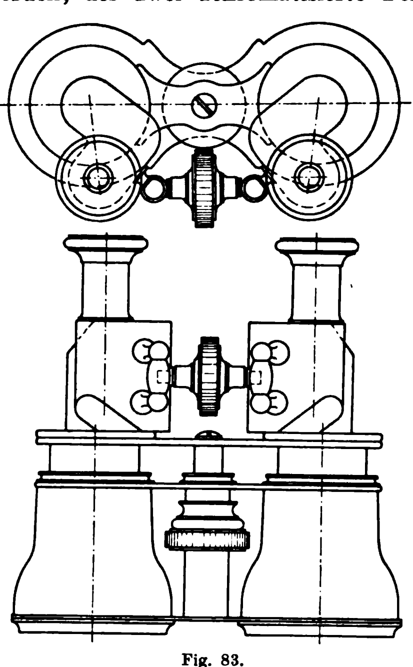


Fig. 83.
A. A. Boulangers Néojumelle nach G. Witt (*1.*) Grundriß und Vorderansicht.

In viel späterer Zeit hat es sich, wie S. Czapski (*4.*) berichtet, herausgestellt, daß man tatsächlich bereits in den fünfziger Jahren Versuche gemacht hat, das neue Fernrohrsystem des italienischen Ingenieurs I. Porro zur Konstruktion eines Doppelfernrohrs zu verwenden.

In Frankreich erhielt, was auch G. Witt (*1.*) angegeben hat, Antoine Alexandre Boulanger (*1.*) im August 1859 ein Patent auf einen aus zwei Porroschen Prismenfernrohren zusammengesetzten Feldstecher (Fig. 83), wofür er als Namen *Néojumelle* oder *Binoclie Prismatique à Images Droites* vorschlug. An dem Glase ließ sich sowohl die Einstellung auf den Augenabstand als auch die Scharfstellung vornehmen.

Um das Ersterwähnte zu erreichen, konnten zweckmäßigerweise die bildumkehrenden Prismensysteme um die Objektivachsen rotieren, so daß die Achsen der Okulare je einen Kreiszylinder beschrieben. An einem Exemplar dieser Art ließ sich nach einer in neuester Zeit vorgenommenen Messung der Abstand der Okularachsen zwischen 57 und 70 mm beliebig wählen, während die Scheitel der Objektive 64 mm voneinander entfernt waren. Diese Okulareinstellung konnte man durch die Betätigung einer mechanischen Einrichtung erreichen, wie sie auch schon in der Patentschrift vorgesehen war. Das Instrument wurde von der 1840 gegründeten Firma LUQUIN & L'HERMITTE hergestellt, die 1868 in den Besitz von E. LACOMBE überging, während sie seit 1895 von L. LACOMBE FILS geführt wird. Ein besonderer Vorzug vor holländischen Doppelfernrohren gleicher Vergrößerung wäre einer solchen Konstruktion in demselben Maße eigen gewesen, in dem sich PORROsche Einzelrohre vor holländischen auszeichneten: die Bildgüte wäre größer, das Gesichtsfeld ausgedehnter gewesen. Tatsächlich blieb es auch damals bei diesem Vorschlage, und solche Doppelrohre wurden in größerer Anzahl nicht gebaut, denn die technischen Schwierigkeiten für ihre Herstellung waren viel zu groß, als daß man sie mit den damaligen Mitteln der Optik hätte überwinden können. Es ist daher ganz verständlich, daß später niemand von diesem Vorschlage etwas wußte, zumal er bei der damaligen mangelhaften Publizität der französischen Patente auch keine wirkliche Verbreitung erlangt hatte.

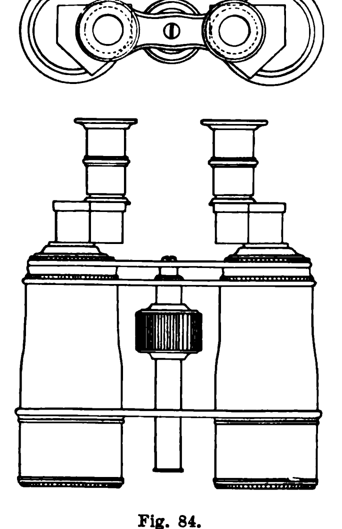


Fig. 84.
C. NACHETS Jumelle prismatique. Grundriß und Vorderansicht.

Seit dem Jahre 1870 beschäftigte sich der Pariser Optiker C. NACHET (*1.*), dessen Firma schon bei den binokularen Mikroskopen genannt worden ist, mit der Herstellung eines Doppelfernrohrs mit bildaufrichtenden Prismen und suchte einige Jahre danach für diese, als *Jumelle Prismatique* beschriebene Konstruktion den Patentschutz nach (Fig. 84). Sie unterschied sich von der BOULANGERschen *Néojumelle* im wesentlichen durch eine andere Form des Prismenkörpers. Auch war der dort vorgesehene Einstellmechanismus weggefallen, und man stellte durch eine einfache Drehung des einzelnen Okulars auf den Augenabstand ein. Nach den vorliegenden Daten ließen sich bei einem Objektivabstande von 83 mm alle Augenentfernungen über 57 mm berücksichtigen. Hieraus

geht hervor, daß in diesem Falle schon eine gewisse Steigerung des stereoskopischen Effekts erreicht worden war; für einen Augenabstand gewöhnlicher Größe war die Steigerung etwa 1,2- bis 1,4 fach. Indessen scheint ein damit verbundener Vorteil dem Erfinder nicht bewußt geworden zu sein, da er ihn in seinem Patent nicht aufführte. Was soeben zu der Bedeutung der BOULANGERschen Konstruktion gesagt wurde, läßt sich auch hier ziemlich unverändert wiederholen, daneben war wohl die von C. NACHET erreichte Steigerung des Objektivabstandes zu gering, um von den Benutzern bemerkt zu werden, und es ist sicher, daß auch dieser Ansatz, die Prismenfeldstecher in den Handel zu bringen, an der Teilnahmslosigkeit des Publikums scheiterte.

Der BOULANGERschen Erfindung entsprach ein Doppelfernrohr, das CARSTON DIEDERICH AHRENS (*1.*) Ende 1884 in England zur Patentierung anmeldete. Von der Vervollständigung dieses Patents sah er aber ab. Nach dem in der ZEISSischen Werkstätte vorhandenen Exemplar zu schließen, ist der Mißerfolg dieser Konstruktion ganz verständlich, da die Vorteile der Bildumkehrung durch PORROsche Prismen weder für die Verkürzung der Rohre noch für die Erhöhung der Bildqualität ausgenutzt worden sind. Allein für die leichte Anpassung an den Augenabstand sind die Prismen verwandt worden, und zwar in der Art, die A. A. BOULANGER schon 25 Jahre vorher vorgesehen hatte.

Die PORROsche Idee, die Bildumkehrung durch ein Spiegelsystem herbeizuführen, wurde zwar noch von mehreren anderen Neuerfindern aufgenommen, doch scheint von diesen niemand auf den Bau von Doppelfernrohren gekommen zu sein, bis E. ABBE 1893 seine ersten Versuche in dieser Richtung machte.

Auch die gewöhnliche Konstruktion des terrestrischen Fernrohrs war in Frankreich von P. G. BARDOU*) (s. S. 37) schon früh zur Bildung von binokularen Instrumenten benutzt worden. Sie haben aber anscheinend alle eine verhältnismäßig starke Vergrößerung und ein entsprechend geringes objektseitiges Gesichtsfeld besessen. Daß das der Fall gewesen ist, läßt sich aus den Vorträgen S. CZAPSKIS (*1. 2.*) entnehmen, die zu einer Zeit gehalten wurden, wo die marktgängigen Formen der Fernrohre viel weniger ausgebildet waren, und wo das ganze Gebiet viel leichter überblickt werden konnte, als das heutzutage der Fall ist. An dieser Stelle wird aber von den Handfernrohren — und dabei sind

---

*) H. GOLTZSCH (*3. 106.*) hat 1881 seine Verwunderung darüber ausgesprochen, daß die Doppelfernrohre auf die Doppelperspektive (holländischen Fernrohre) beschränkt seien, und daß terrestrische Doppelfernrohre ganz fehlten. Da man ihm ein großes Interesse an dieser Frage und auch eine gewisse Sachkenntnis zugestehen muß, so wird man für Deutschland einen häufigeren Absatz und gar die regelmäßige Herstellung solcher Instrumente vorläufig nicht viel vor den achtziger Jahren annehmen können.



besonders die unokularen gemeint — ausgesagt, daß ihre Vergrößerung kaum unter eine 12fache herabginge.

Als E. ABBE (*6.*) nun 1893 seine Aufmerksamkeit der Konstruktion von Prismenfernrohren von neuem zuwandte — sein Vorgänger I. PORRO wurde ihm erst durch eine Bemerkung des Berliner Patentamts bekannt — da faßte er sogleich die Herstellung von Doppelfernrohren ins Auge. Er ging aber insofern auch über die NACHETsche Idee weit hinaus, als er in der seitlichen Versetzung der Achse im Bildraume gegen ihre Lage im Objektraume, wie sie dem PORROschen Prismensystem eigen ist, ein Mittel erkannte, um die Idee des HELMHOLTZischen Telestereoskops mit Fernrohrvergrößerung zu verwirklichen. Durch dieses Mittel konnte er auch schon bei den *ZEISSischen Feldstechern* (Fig. 85) den Objektivabstand der Augenentfernung gegenüber vergrößern. Die Steigerung war hier nur klein, immerhin noch $1^3/_4$- und 2fach, doch ließ sie sich bei den *Relief-Fernrohren* (Fig. 86) sehr beträchtlich, auf mehr als das 5fache, erhöhen. Die mechanische Einrichtung der Relief-Fernrohre erlaubte eine Benutzung sowohl mit gestreckten als mit geschlossenen Schenkeln, im ersten Falle als Telestereoskope HELMHOLTZischer Art, im zweiten als Polemoskope für beidäugiges Sehen, und zwar konnte in beiden Fällen jeder zwischen 58 und 72 mm liegende Augenabstand berücksichtigt werden.

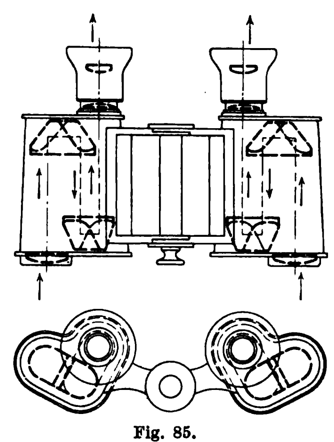


Fig. 85.
Der ZEISSische Feldstecher nach E. ABBE.
Vorderansicht und Grundriß.

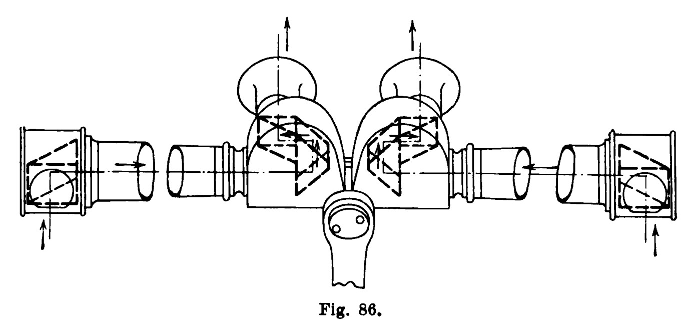


Fig. 86.
Das Relief-Fernrohr nach E. ABBE.

Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß der soeben erwähnte Gedanke (Doppelfernrohre nach Art des HELMHOLTZischen Telestereoskops mit Vergrößerung derartig wie eine Schere zusammenzuklappen, daß sie sowohl bei gestreckter Lage der Rohre als auch bei annähernd

paralleler dem Augenabstande des Beobachters angepaßt werden konnten) E. ABBE (*5.*) wichtig genug erschien, um einen besonderen Schutz auf seine Verwirklichung nachzusuchen. Bei dieser Gelegenheit führte er jenes Prinzip mit zwei gewöhnlichen terrestrischen Fernrohren durch, die ganz in der ursprünglich (s. S. 87) von H. HELMHOLTZ vorgeschlagenen Weise mit je zwei ebenen Spiegeln verbunden waren. Später hat er diese Form als *Relief-Standfernrohr* zu einem Instrument ohne Gelenk mit zwei Vergrößerungen ausgebildet.

Das Aufsehen, das diese Prismenfernrohre machten, war ganz allgemein; war doch wirklich hier eine nicht bloß dem anpreisenden Optiker sichtbare Lücke ausgefüllt worden, indem jetzt Handfernrohre mittlerer Vergrößerung und großen Gesichtsfeldes auf den Markt gebracht wurden. Eine für alle einschlägigen Publikationen wichtige Darstellung dieser Verhältnisse gab S. CZAPSKI (*1. 2.*) an zwei verschiedenen Orten im Dezember 1894 und im Januar des nächsten Jahres. Ja man kann sagen, daß diese seine Ausführungen für die späteren Besprechungen und Diskussionen der neuen Fernrohrtypen erst das Fundament lieferten.

Über die stereoskopischen Verhältnisse der neuen Instrumente gibt der Vortrag wenig. Für das Verständnis der Wirkung wird auf die Darstellungen von H. HELMHOLTZ zurückverwiesen, doch wurde offenbar zu jener Zeit die Frage nach der Homöomorphie überhaupt noch nicht wieder aufgenommen. Es findet sich aber die Bestätigung der Ansicht, die man sich aus dem Studium der sonstigen hierhergehörigen Literatur dieser Zeit bilden kann, daß nämlich der Sinn für stereoskopische Darstellungen im Zunehmen begriffen war.

Es dauerte noch eine ganze Weile, bis die porrhallaktische Wirkung der neuen Instrumente überhaupt bemerkt wurde, und zwar scheint die erste Beschreibung der eigentümlichen „Kulissen"wirkung auf G. HIRTH (*1.*) zurückzuführen zu sein. Ihm war im Sommer des Jahres 1896 von CARL ZEISS in Jena ein *Relief-Standfernrohr* übermittelt worden. Dieses nach dem ABBEschen Vorschlage gebaute Instrument zeigte den außerordentlich gesteigerten Objektivabstand von 152 cm und war mit einer hier nicht weiter wichtigen Vorkehrung ausgestattet, die einen Wechsel zwischen einer 8fachen und einer 16fachen Vergrößerung erlaubte. G. HIRTH führte das Instrument am 5. August dem in München tagenden Internationalen Psychologen-Kongreß vor und bemerkte dazu das Folgende: „Insbesondere trat die Plastik der in einer Entfernung von 1000 bis „3000 Meter liegenden Waldlisieren und ländlichen Anlagen in überraschen- „der Weise hervor; die Baum-und Häusergruppen verwandelten sich ge- „wissermaßen in theatralische Koulissen, deren Tiefenabstand optisch fühl- „bar und bei fachmännischer Übung gewiß auch ziffernmäßig schätzbar „ist." — Eine ähnliche Beobachtung läßt sich aus früherer Zeit wohl nur für F. H. WENHAM (s. S. 88) wahrscheinlich machen.

Für eine kurze Zeit hat man in der Jenaer Werkstätte von Carl Zeiss auch den Versuch gemacht, eine Verkleinerung des Objektivabstandes auf etwa 5 cm durchzuführen, und zwar geschah das bei dem Feldstecher 4facher Vergrößerung, wenn er als Theaterglas verwendet werden sollte. Man wünschte mit dieser Verringerung des Abstandes gerade das Zusammenwirken des Bühnenraumes mit seinem gemalten Hintergrunde zu steigern, doch ist wohl anzunehmen, daß sich die Porrhallaxie des eigentlichen Bühnenraums, die durch die Objektivtrennung gar nicht berührt wird, auch bei diesen Theatergläsern bemerkbar gemacht haben wird, die übrigens bald wieder — nach 1898 — aus den Preisverzeichnissen verschwanden. Es ist eine offene Frage, ob sich nicht bei der geringen Entfernung der Bühne jene *quasihomöomorphe* Wirkung der Instrumente mit erweitertem Objektivabstande mehr empfohlen haben würde, worauf am deutlichsten A. Claudet (s. S. 127) hingewiesen hatte.

Bemerkenswert ist nur, daß trotz dieser Unkenntnis der Theorie, die zu heben anfangs auch die Theoretiker nicht bestrebt waren, doch von einzelnen Benutzern die Natur des Raumbildes rein durch Beobachtung ermittelt wurde. So ist es mehrfach bemerkt worden, daß die Relief-Fernrohre in gestreckter Lage der Schenkel die Gegenstände anscheinend kleiner zeigten als bei mehr paralleler.

Die Fabrikationseinrichtungen für die neuen Prismen-Doppelgläser setzten die einführende Firma bereits im Herbst des Jahres 1894 in die Lage, mit diesen Erzeugnissen auf den Markt zu kommen, und der Geschäftserfolg befriedigte sie auch sehr bald. Selbstverständlich blieb die Zeisssische Werkstätte bei der Herstellung der neuen Instrumente nicht allein. Alle optischen Anstalten Deutschlands beschäftigten sich mit diesen einträglichen Instrumenten, da infolge der Priorität I. Porros der Firma Carl Zeiss nur die weitere Trennung der Objektive mittels der Porroschen Prismen, nicht deren Verwendung zur Bildumkehrung hatte geschützt werden können. In der Regel wurde das kanonische Porrosche System verwandt und die beiden Einzelglieder so miteinander verbunden, daß der Objektivabstand der Entfernung der Drehungszentren des Benutzers gleichkam.

Abweichungen hiervon zeigten sich zuerst bei einzelnen Konstruktionen H. L. Huets (*1.*). In einem besonders interessanten Falle wurde hier die Bildumkehrung und die Parallelversetzung der Achse durch ein nach A. Daubresse (*1.*) modifiziertes Gouliersches Prisma*) geleistet. Während nämlich die ursprüngliche, nicht umkehrende Konstruktion

*) Nach der Angabe von J. de Marre (*1. 115.*) geht dieses Pentagonalprisma auf den französischen Offizier .. Goulier zurück, der es 1864 bei einem Entfernungsmesser anwandte. In der deutschen Literatur ist die gleiche Konstruktion unter A. Prandtls (*1.*) Namen bekannt, doch kann dessen Priorität nicht einmal gegen die Marresche Veröffentlichung aufrechterhalten werden.

(Fig. 87) zwei versilberte Flächen hatte, fand A. DAUBRESSE bereits 1897, daß man eine Versilberung ersparen könne, wenn man einer Seite einen Winkelspiegel von 90 Graden anschliffe (Fig. 88). Einen solchen Körper brauchte er nun nur noch mit einem einfachen Ableseprisma zu verbinden, um die beiden obenerwähnten Forderungen zu erfüllen.

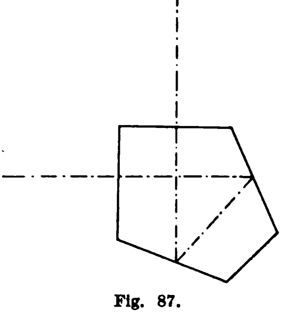


Fig. 87.
Ein GOULIERsches Pentaprisma.

Aber auch auf den Ausbau der terrestrischen Doppelfernrohre hat der gewaltige Anstoß gewirkt, den die Prismenkonstruktionen ausübten; hörte man doch 1898, daß K. FRITSCH (*1.*) ein terrestrisches Doppelfernrohr mit allmählich veränderlicher Vergrößerung herausbrachte. Er sah damals zwei Formen vor, von denen die kleinere mit 18 mm Objektivdurchmesser alle Vergrößerungen zwischen 5- und 15fach gestattete und dabei ein objektseitiges Gesichtsfeld von 8 bis etwa 3 Graden beherrschte. Das größere Modell hatte Objektivlinsen von 38 mm, Vergrößerungen zwischen 12- und 36fach und ein wahres Gesichtsfeld zwischen 3 Graden und 1 Grade. Beide konnten allen Augenabständen zwischen 55 und 75 mm angepaßt werden.

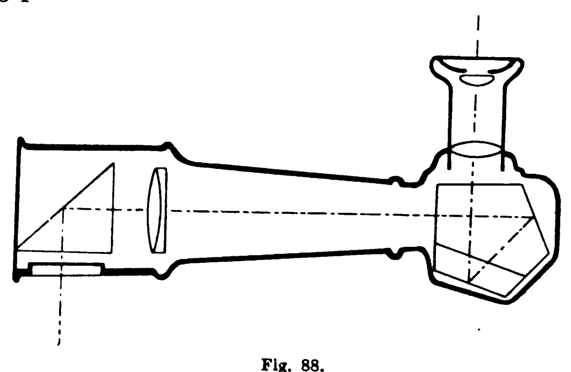


Fig. 88.
Ein Arm eines Relief-Fernrohrs nach A. DAUBRESSE mit einem modifizierten GOULIERschen Prisma nach H. L. HUET (*1.*).

Auf jeden Fall wuchs durch das lebhafte Interesse des Publikums an den neuen Hilfsmitteln das Verständnis für die Steigerung der Tiefenwahrnehmung, und wieder wie in der Blütezeit des Stereoskops erlebte man eine allgemeine Teilnahme für binokulare Beobachtung. Wiederum kam ein für das beidäugige Sehen bestimmtes Instrument, das jetzt aber mit aller nur möglichen Sorgfalt hergestellt wurde, für sehr ausgedehnte Kreise von Benutzern in die Mode.

Der stereoskopische Entfernungsmesser und die mit ihm zusammenhängenden Instrumente.

Bereits 1891, also gleich am Anfange dieses letzten Jahrzehnts, findet sich eine anscheinend ganz unbemerkt gebliebene Idee, die auf E. Machs Durchdringungsbilder und seinen Vorschlag zur stereoskopischen Entfernungsmessung (s. S. 135) zurückgeht.

Der Mediziner J. Mies (*1.*) hatte dessen Ansichten durch die Vermittelung des weiter nicht wichtigen Ruete schen Lehrbuchs kennen gelernt, und er regte, ähnlich wie sein Vorgänger, an, bei Schädelmessungen die Hirnwindungen, das Schädeldach und die Kopfhaut, außerdem aber noch einen zur Objektivachse parallelen Maßstab auf dieselbe Platte aufzunehmen. Seine Angaben lauten wörtlich: „Außerdem photographire man „zugleich einen Massstab, welcher mit der Schädellänge in einer Ebene „liegt, die mit dem Objektiv parallel ist. Auf diese Weise würde man „Punkte, welche auf Gehirn, Schädeldach und Kopfhaut übereinander„liegen, sehen und ihre Lage mit Hilfe des reduzirten Massstabes an„nähernd richtig schätzen können." Man sieht ohne weiteres ein, daß es sich hier um eine Messung an einer festen Skala handelte, deren Halbbilder ein für allemal mit den Halbbildern der zu messenden Objekte fest verbunden waren. An eine große Genauigkeit der Resultate wird nicht zu denken sein, aber der Vorschlag gehört doch hierher als eine der frühesten Anwendungen des Mach schen Messungsgedankens.

Der schon früher genannte, photographische Fachmann F. Stolze (*1.*) hatte in den letzten Tagen des Jahres 1892 eine allerdings schon vor einigen Monaten fertiggestellte Schrift veröffentlicht, die die Verwendung des Stereoskops zu vorläufigen Messungen empfahl. Er hatte in den siebziger Jahren eine wissenschaftliche Reise nach Persien mitgemacht und war auf diese Weise mit Verhältnissen vertraut geworden, die den Fachgenossen in seiner Heimat noch ganz fern lagen. Auch dieser Vorschlag war durch die Bedürfnisse der Praxis angeregt worden, denn er sollte die rasche Niederlegung eines zuverlässigen Itinerars erleichtern.

Bei seinen Überlegungen (*1. 60—65.*) ging er ganz von der Helmholtzischen Theorie aus und empfahl, an den Endpunkten einer ihrer Länge nach bekannten Basis zwei Aufnahmen in ziemlich großem Format zu machen und sie nachher in einem geeigneten Stereoskop zu betrachten. Er schlug dafür in erster Linie das Wheatstone sche Spiegelinstrument vor, gab daneben aber auch noch eine Art des Helmholtzischen Telestereoskops an. Schon die bloße Anschauung eines in dieser Weise stark verkleinerten Objektreliefs könne für die Kartierung einen großen Wert haben, doch könne man auch noch das folgende Meßverfahren anbringen. Nähme man nämlich mit H. Helmholtz an, daß die Genauigkeit, mit

der die stereoskopischen Differenzen bestimmt werden, 1′ betrage, so reiche für einen Beobachter mit einem Augenabstande von 68 mm die Fähigheit, Punkte von dem unendlich fernen Hintergrunde abzulösen, bis zu 234 m, dem n-fach verkleinerten Raumbilde gegenüber also n-mal so weit. Lege man nun auf die beiden Papierkopien identische Gitter äquidistanter Senkrechten, so könne man deren Mittellinien leicht so orientieren, daß die im Stereoskop erscheinende Mittelmarke mit dem Raumbilde eines Signals zusammenfalle, dessen Entfernung vorher durch Längenmessung ermittelt worden sei. Verschob er nun bei der Beobachtung im Stereoskop eines der beiden Gitter, während das andere an seinem Platze blieb, so erschien ihm das Raumbild des Gitters, wenn die stereoskopische Differenz verringert wurde, ferner, wenn vergrößert, näher, und zwar konnte der neue Abstand aus der Größe der Verschiebung und der bekannten Entfernung des Signals leicht ermittelt werden. F. Stolze schlug eine Mikrometervorrichtung vor, um jene Größe der Verschiebung genau zu bestimmen.

Man sieht ohne weiteres, daß er in dem Vorschlage, photographische Halbbilder einer stereoskopischen Entfernungsmessung zu unterwerfen, hinter der Priorität J. Harmers (s. S. 158) zurückstand, daß sich sein Vorschlag aber durch die Meßvorrichtung von dem seines Vorgängers unterschied. Denn während J. Harmer an der auch schon von anderen empfohlenen Idee der festen Meßskala festgehalten hatte, findet sich hier zum ersten Male der Gedanke der wandernden Marke.

Noch etwas vor dem Erscheinen der Stolzeschen Schrift, nach S. Czapskis (*4.*) Angaben nämlich um 1891/92, kam der Ingenieur Hektor de Grousilliers auf die Idee des stereoskopischen Entfernungsmessers. Er legte seinen Plan, wie das sein Bekannter Fr. von Hefner-Alteneck in der dem Vortrage C. Pulfrichs (*1.*) folgenden Diskussion angegeben hat, H. Helmholtz zur Begutachtung vor, erhielt aber einen abfälligen Bescheid, da H. Helmholtz die Schärfe der Breitenwahrnehmung viel zu gering veranschlagte (s. S. 138). Im März 1893 wandte er sich, nachdem er im Januar die Patentanmeldung eingereicht hatte, mit seiner Idee an die Zeissische Werkstätte, wo nach langen, seit dem Frühling des Jahres 1893 fortgesetzten Bemühungen dieser Gedanke verwirklicht wurde, nachdem die Eigentumsrechte von dem Erfinder erworben worden waren.

Der stereoskopische Entfernungsmesser war ein Helmholtzisches Telestereoskop mit Fernrohrvergrößerung, wobei in den Brennebenen der beiden Okulare die Halbbilder einer stereoskopischen Meßvorrichtung angebracht waren. Das konnte entweder, wie es A. Rollet, E. Mach, J. Harmer vorgeschlagen hatten, und wie es zunächst auch jetzt wieder bevorzugt wurde, in der Form einer festen Meßskala geschehen, oder in der von F. Stolze eingeführten Weise der wandernden Marke oder

schließlich durch eine Verschiebung des Raumbildes gegen die unveränderlich erscheinende Meßvorrichtung. Diese dritte, E. ABBE (*7.*) eigentümliche Art der Messung war zunächst in den Patentschutz eingeschlossen worden, um eine verhältnismäßig einfache Umänderung anderer binokularer Entfernungsmesser in stereoskopische zu verhindern. Später stellte es sich heraus, daß diese Methode des wandernden Raumbildes mit Rücksicht auf die Sicherheit der Bewegung der bei der Messung zu betätigenden Teile noch besondere Vorteile bot.

An der Ausbildung des ganzen Instruments, wofür E. ABBE außer seiner im Juni 1893 eingereichten Umarbeitung der GROUSILLIERSschen Beschreibung und der Ansprüche auch noch die Patentanmeldung (*4.*) auf eine besonders wichtige Justiervorrichtung einreichte, hat C. PULFRICH einen großen Anteil, und er (*1.*) hat auch 1899 nach Überwindung von vielfachen Schwierigkeiten zuerst eine nähere Beschreibung des ganzen Instruments veröffentlicht. Zuerst waren offenbar die späteren HELMHOLTZischen Ansichten noch in Gültigkeit, denn das Instrument kam in drei Größen heraus, bei denen die Objektivtrennung D (von 50, 87 und 144 cm) und die Fernrohrvergrößerung V (entsprechend 8-, 14- und 23fach) in dem von der sogenannten HELMHOLTZischen Regel geforderten Zusammenhange standen, daß galt

$$\frac{D}{V} = 62{,}5 \text{ mm (dem mittleren Augenabstande).}$$

Später hat C. PULFRICH (*4.*), nach der hier benutzten Literatur als erster nach dem HELMHOLTZischen Einführungsvortrage vom Jahre 1857, die Richtigkeit jener späteren Regel für die Homöomorphie bestritten und wenigstens für Punkte im Horizontalschnitt den Beweis ihrer Unrichtigkeit geliefert. Bei der Berechnung der Fehlergrenzen der stereoskopischen Messung hat er an einer mittleren Genauigkeit der Breitenwahrnehmung von 30″ festgehalten, die wohl als ein sehr häufig vorkommender Mittelwert zu gelten hat. Er selbst hatte aber bei seinen vielfachen Versuchen in Übereinstimmung mit anderen Forschern, wie beispielsweise E. WÜLFING und L. HEINE, oft viel höhere Schärfen bis zu 10″ und darüber gefunden. Daher hat in der neuesten Zeit die ZEISSische Werkstätte für die Angabe der Genauigkeit unter günstigen Umständen diese Schärfe von 10″ zugrunde gelegt, als sie Angaben machte über die Messungsgenauigkeit für ihren kleinsten, mit etwa 8facher Fernrohrvergrößerung ausgestatteten Entfernungsmesser, das *Stereo-Telemeter* $^1/_2$ *m.*

Die Erklärung für diese so weit über das Trennungsvermögen des Menschenauges hinausgehenden Einstellungssicherheit lieferte E. HERING (*1.*) 1899 durch die später anatomisch begründete Annahme eines in der Netzhautgrube von den Zäpfchenenden gebildeten regelmäßigen Netzes, das einem Querschnitt durch eine Bienenwabe ähnlich sieht (Fig. 89, S. 182). Die die Netzelemente abgebenden regulären Sechsecke seien so angeordnet,

daß eine der drei durch sie definierten Hauptrichtungen ganz oder angenähert senkrecht steht. Ein Blick auf die Figur zeigt, daß man, sobald diese Voraussetzung erfüllt ist, die Seitenversetzung zweier Geraden gegeneinander auch dann wahrnehmen kann, wenn ihr Winkelwert kleiner ist als eine Bogenminute. Wie E. HERING hervorgehoben hat, äußert sich diese Genauigkeit der Lagenbestimmung bei der Vereinigung zweier geeigneter Halbbilder durch das Auftreten von Tiefendifferenzen im Raumbilde; und umgekehrt gestattet sie in dem hier vorliegenden Falle eine außerordentlich genaue Feststellung der mit den Marken zusammenfallenden Punkte des zu messenden Raumes.

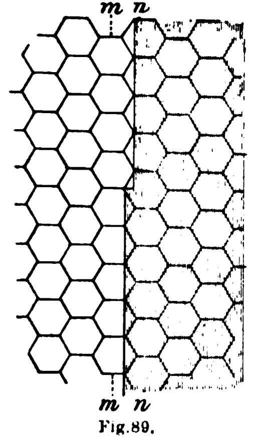


Fig. 89.
Das HERINGsche (*1.*) Schema für die Wahrnehmung der Seitenversetzung.

Eine allgemeine Herleitung der Fehlergrenzen auf den Beobachter zu und von ihm weg für beliebige Entfernungen und unter Berücksichtigung beliebiger Schärfen der Breitenwahrnehmung veröffentlichte M. VON ROHR (*2. 278.*). Wertet man diese Formeln für einen, dem Stereo-Telemeter $^1/_2$ m entsprechenden Fall aus (wobei aber eine genau 8fache Vergrößerung angenommen sei), so erhält man für jene beiden Annahmen über die Einstellungsgenauigkeit die folgende Tabelle:

Entfernung des Objekts in m	Fehlergrenze bei 30″ auf den Beob. zu	[vom Beob. fort]	Fehlergrenze bei 10″ auf den Beob. zu	[vom Beob. fort]
200	1,44	[1,48]	0,48	[0,49]
250	2,25	[2,29]	0,76	[0,76]
300	3,24	[3,31]	1,09	[1,09]
350	4,40	[4,51]	1,48	[1,49]
400	5,73	[5,90]	1,93	[1,95]
450	7,24	[7,48]	2,44	[2,47]
500	8,93	[9,26]	3,01	[3,05]
600	12,8	[13,4]	4,33	[4,40]
700	17,4	[18,3]	5,89	[5,99]
800	22,6	[24,0]	7,68	[7,83]
900	28,5	[30,4]	9,71	[9,93]
1000	35,1	[37,7]	12,0	[12,3]
1500	77,6	[86,5]	26,9	[27,8]
2000	135,6	[156,9]	47,3	[49,7]
3000	295,1	[367,3]	105,3	[113,2]

Von großer Bedeutung ist offenbar der Entfernungsmesser von H. DE GROUSILLIERS noch insofern geworden, als C. PULFRICH von ihm ausgehend die Stereokomparatoren konstruierte und die Planigraphen, wofür er unermüdlich die allerverschiedensten Anwendungsgebiete eröffnete. Ihre Entwicklung fällt aber aus dem hier zu behandelnden Zeitraum



des neunzehnten Jahrhunderts schon heraus; sie kann an den unter C. Pulfrich (*2. bis 6.*) aufgeführten Stellen nachgelesen werden.

Einige Jahre, nachdem mit der Ausbildung des stereoskopischen Entfernungsmessers nach H. de Grousilliers begonnen worden war, wurden die beiden französischen Forscher T. Marie und H. Ribaut durch die Aufgabe einer möglichst exakten Rekonstruktion eines Objekts aus zwei durch Röntgensche Strahlungen erhaltenen Halbbildern auf das Problem der Tiefenmessung an stereoskopischen Halbbildern geführt.

Während sie (*1.*) sich in der ersten Veröffentlichung noch ganz auf eine Anwendung der Vorschriften von L. Cazes beschränkten und sich an der schönen Klarheit dieser Darstellung (s. S. 171) schulten, gingen sie (*2.*) im nächsten Jahre dazu über, ein Koordinatensystem gleichzeitig mit dem zu messenden Objekt an derselben Stelle zu sehen und es demnach mit dieser festen Skala auszumessen. Es war das ziemlich der Gedankengang, wie ihn E. Mach 1866 (s. S. 135) angedeutet und J. Harmer 1881 (s. S. 158) beschrieben hatte, wie er dann mit geringerer Klarheit von J. Mies 1891 (s. S. 179) vertreten worden war, aber er erscheint jetzt in einer vollständigen Durcharbeitung. Die beiden Verfasser lieferten gleich 1898 den Nachweis, daß man mit dem Stereogramm eines einzigen Koordinatensystems auskomme, wenn man bei der radiographischen Aufnahme für die Projektionszentren gewisse einfache Bedingungen einhalte, die von der Tiefe des Objekts und den Konstanten der Maßhalbbilder abhingen.

In schöner Folgerichtigkeit ließen die beiden Autoren (*3.*) 1899 und (*4.*) 1900 den Gedanken der Messung mit der wandernden Marke folgen, wie er sich zuerst 1892 bei F. Stolze (s. S. 180) gefunden hatte. An eine Beeinflussung wäre wohl von vornherein nicht zu denken, zu allem Überflusse versichern noch beide Verfasser, daß sie sich für die ersten hielten, die das Stereoskop zu Messungen verwendeten. Ihr Meßapparat, das *Stereometer*, bestand aus je einem vertikalen Faden, der sich in einem sorgfältig gearbeiteten Metallrahmen verschieben ließ; der Abstand der beiden Fäden voneinander konnte durch eine grobe und eine feine Einstellung variiert und an einer Millimeterskala abgelesen werden. Ihr Verfahren ergab zunächst nur den Abstand des zu messenden Punktes, doch wurde es im Jahre darauf so umgeändert, daß aus der Einstellung unmittelbar die drei rechtwinkligen Koordinaten des Punktes bestimmt werden konnten. Dazu war an der vertikalen wandernden Marke ein Punkt definiert worden, und das ganze Stereometer ließ sich in seiner Ebene um genau meßbare Strecken nach oben oder unten und nach rechts oder links verschieben. Die für die Auswertung der Messung nötigen Formeln wurden in beiden Arbeiten vollständig mitgeteilt.

Beide Forscher berücksichtigten durchaus nur die Messung am homöomorphen Raumbilde, was allerdings für die stereoskopischen Schatten-

bilder ausreichte und für die Zwecke des Mediziners sehr erwünscht war. Die weitere Anwendung ihrer Ideen auf die messende Stereoskopie, wobei allerdings zur Erhöhung der Messungsgenauigkeit eine Vergrößerung der bildseitigen Gesichtswinkel eingeführt und infolgedessen mit porrhallaktischen Raumbildern gearbeitet werden mußte, scheint sie wenigstens in dem hier behandelten Zeitraume nicht gereizt zu haben.

Das GREENOUGHsche Doppelmikroskop und die daraus abgeleiteten Instrumente.

Das auf so verschiedenen Gebieten neuerwachte Interesse an binokularer Beobachtung regte sich auch in der Mikroskopie. Hier wandte sich, wie das S. CZAPSKI (*3.*) angegeben hat, der amerikanische Zoologe HORATIO S. GREENOUGH bereits 1892 an die optische Werkstätte von CARL ZEISS mit dem Wunsche, nach seinen Ideen ein *orthomorphes* Mikroskop zu bauen.

Er ging, wie er in einem gegen Ende des Jahres 1895 vor einer Versammlung der wissenschaftlichen Mitarbeiter der ZEISSischen Firma gehaltenen Vortrage ausführte — auch S. CZAPSKI berichtet in der eben zitierten Arbeit davon —, von der Überlegung aus, daß man bei einem erwachsenen Menschen nur die entsprechenden (geometrisch ähnlichen) Netzhautbilder herbeizuführen brauche, wie sie ein Lilliputaner in seiner kleinen deutlichen Sehweite von 21 mm von einer 4 mm im Durchmesser haltenden Erbse bekomme, um in dem erwachsenen Menschen den Eindruck einer in 25 cm Entfernung gehaltenen Kugel von 4,8 cm Durchmesser zu erwecken. Diese Homöomorphie erschien ihm für sein besonderes Arbeitsgebiet wünschenswert, und zwar beschränkte er sich in seinem Vortrage ausdrücklich auf kleine Vergrößerungen.

Bei dieser Gelegenheit hat er auf seine Vorgänger keinerlei Bezug genommen, und aus einer umfangreichen Korrespondenz der ausführenden Firma mit ihm darf man schließen, daß ihm solche auch nicht bekannt gewesen sind. In der Tat aber ist diese Idee im wesentlichen ein Zurückgehen auf die Ansichten Sir DAVID BREWSTERS (s. S. 49), der die aus der hier geforderten Winkelgleichheit folgende, der Änderung des Pupillenabstandes proportionale Erweiterung des Raumobjekts ganz allgemein aussprach. In der folgerichtigen Anwendung dieser Idee auf das stereoskopische Doppelmikroskop hat H. S. GREENOUGH, soweit das hier benutzte Material in Frage kommt, keinen Vorgänger gehabt.

In der ZEISSischen Werkstätte wurde diese Anregung aufgenommen, und es entstand etwa um den Ausgang des Jahres 1895 das GREENOUGHsche Doppelmikroskop (Fig. 90). Es zeigte zwei unter einem Konvergenzwinkel von 14 Graden gegeneinander geneigte Rohre, die an ihren unteren Enden die beiden Objektive trugen. Dabei war dafür gesorgt worden, daß die

Achsen der beiden Objektive in einer Ebene lagen, sich also auch wirklich schnitten. Zwischen die Objektive und die Okulare waren PORROsche Umkehrprismen eingeschaltet worden, denn die Aufrichtung der Bilder war nicht nur eine Forderung von H. S. GREENOUGH, der damit das Arbeiten erleichtern wollte, sondern sie verbürgte erst einen orthoskopischen Effekt. Man braucht sich nur des CHÉRUBINschen Doppelmikroskops zu erinnern, um einzusehen, daß das Tiefenkriterium gebieterisch aufrichtende Okulare forderte. Die Verwendung PORROscher Prismen statt terrestrischer Oku-



Fig. 90.
Die ZEISSische Form des GREENOUGHschen Doppelmikroskops.

lare hatte die große Annehmlichkeit einer bequemen Anpassung an den Augenabstand, die ja von A. A. BOULANGER bereits 1859 (s. S. 172) gefunden worden war. Ohne von diesem Vorgänger zu wissen, erfand, wie S. CZAPSKI (*4.*) berichtet, der wissenschaftliche Mitarbeiter an der ZEISSischen Werkstätte, K. BRAUTSCHECK, diese Verwendung der PORROschen Prismen von neuem. Die Gleichheit der Gesichtswinkel, die H. S. GREENOUGH auf Grund seiner richtigen Theorie forderte, wurde aber nicht immer herbeigeführt. Denn da im allgemeinen das Verlangen nach einer homöomorphen Abbildung nicht lebhaft war, ihre Realisierung bei den vorhandenen optischen Systemen aber gewichtige Mängel im Gefolge hatte,

so hat die ZEISSische Werkstätte in der Regel davon abgesehen, diese Bedingung zu erfüllen.

Einige Jahre darauf hat S. CZAPSKI (*3.*) bei dem einführenden Artikel eine Theorie des Instruments gegeben und darauf hingewiesen, daß man allgemein von einem homöomorphen Mikroskop verlangen müsse, daß die Gesichtswinkel auf der Objekt- und auf der Bildseite gleich seien. Die Pupillen müßten also in die Knotenpunkte des zusammengesetzten Mikroskops fallen. Um dies zu erreichen, setzte er entweder in den vorderen oder in den hinteren Knotenpunkt des Mikroskops eine Blende, die nun mit der geforderten Strahlenbegrenzung den gewünschten homöomorphen Effekt hervorbrachte. Indessen blieb bei einer solchen ungewöhnlichen Strahlenbegrenzung die Bildgüte des Instruments nicht erhalten, und man hat in der Folgezeit diese Blenden aufgegeben. Es würde durchaus im Bereiche der Mittel der Mikroskopoptik liegen, diesen Strahlengang einzuhalten, ohne die Bedingungen der guten Abbildung zu stören, aber es ist, wie schon erwähnt, das Interesse der Benutzer auch dieses Instruments an der Homöomorphie zu gering, um die Einführung einer viel umständlicheren Konstruktion dieser Forderung zuliebe gerechtfertigt erscheinen zu lassen.

Die optischen Teile des GREENOUGHschen Doppelmikroskops wurden noch zu andern binokularen Instrumenten verwandt. So konstruierten H. BRAUS und L. DRÜNER ein Präpariersystem und S. CZAPSKI ein Hornhautmikroskop.

Vollständig übernommen wurden die Objektive der GREENOUGHschen Einrichtung für die DRÜNERsche (*1.*) Camera, in der seit langer Zeit zum ersten Male wieder die Konvergenzaufnahmen mit zwei Cameras verwirklicht wurden. Da die so erhaltenen Stereogramme in den gewöhnlichen, für parallele Cameras konstruierten Stereoskopen einen heteromorphen Eindruck machen müssen, so haben A. KÖHLER und M. VON ROHR für H. S. GREENOUGH ein noch eine nachträgliche Vergrößerung lieferndes, orthomorphes Stereoskop konstruiert, das im folgenden zum ersten Male beschrieben werden möge.

Die Idee zu einem einfachen Apparat dieser Art hat M. VON ROHR (*2. 285.*) schon früher veröffentlicht. Bezeichnet man mit n die Linearvergrößerung, mit der jede Einstellungsebene durch ihr Einzelobjektiv abgebildet wird, so muß der Abstand d der beiden Eintrittspupillen zu dem Augenabstand D in dem Verhältnis stehen:

$$D : d = n.$$

Es ist alsdann möglich, die beiden n-fach vergrößerten Abbildskopien derart in ein WHEATSTONEsches Spiegelstereoskop zu bringen, daß sich ihre Spiegelbilder richtig durchdringen, nämlich so, daß die beiden Ebenen zwischen sich den Konvergenzwinkel v der Objektivachsen einschließen.

Bringt man nun jedes der beiden Augen senkrecht vor die Mitte des zugehörigen Halbbildes, so erscheint dieses unter dem objektseitigen Gesichtswinkel w, und man sieht es scharf, wenn der Abstand $\mathfrak{A}$ zwischen der Eintrittspupille und der Einstellungsebene jedes Objektivs so gewählt wurde, daß die Beziehung zur deutlichen Sehweite l gilt:

$$\mathfrak{A} = l : n.$$

Es mag noch darauf hingewiesen werden, daß eine solche, mit Hilfe der Photographie verwirklichte Einrichtung für homöomorphe Darstellungen selbst vor einem idealen orthomorphen Mikroskop nach H. S. GREENOUGH den Vorteil hat, daß hier das freie direkte Sehen berücksichtigt werden kann im Gegensatz zu der dort nur möglichen Schlüssellochperspektive. Ein ungünstiger Umstand liegt in der Spiegelung der Halbbilder. Wie eine einfache Überlegung zeigt, müssen alsdann die beiden Halbbilder miteinander vertauscht werden, um das Zustandekommen eines pseudomorphen Eindrucks zu vermeiden, und man sieht weiter leicht ein, daß der Beobachter auf diese Weise ein Spiegelbild des Gegenstandes erhält. Eine solche Wiedergabe kann aber unter Umständen sehr unerwünscht sein, und es empfiehlt sich daher, für Papierbilder einen Übertragungsprozeß zu wählen, so daß die Halbbilder selbst spiegelverkehrt kopiert werden.

Hier setzte die von A. KÖHLER angeregte Verbesserung ein. Wenn doch die Negative aus der DRÜNERschen Camera nicht einfach kopiert werden können, so läßt sich die hier notwendige Umkehrung auch gleich mit einer nachträglichen Vergrößerung verbinden, wofür die Schärfe der Abbildung noch durchaus ausreichte. Setzt man diese Vergrößerung etwa gleich 2, so kann man offenbar nicht ohne weiteres die Negative auf die doppelte Größe bringen, ohne der Homöomorphie zu schaden, denn es steht ja dem Beobachter kein proportional vorgrößerter Augenabstand zu Gebote. Vielmehr muß nunmehr der Objektivabstand $\bar{d}$ so bestimmt werden, daß

$$\frac{D}{2} : \bar{d} = n$$

wird, und für die Größe $\bar{\mathfrak{A}}$ ergibt sich ähnlich:

$$\mathfrak{A} = \frac{l}{2} : n.$$

Die spiegelverkehrten Kopien erhält man leicht in einem gewöhnlichen Vergrößerungsapparat, wenn man die Negative umgekehrt wie sonst einlegt und durch das Glas hindurch die Aufnahme macht.

Die in der ZEISSischen Werkstätte hergestellten Versuchsausführungen befriedigten auch hochgespannte Ansprüche, nur mußte bei der Prüfung auf Homöomorphie darauf geachtet werden, daß man den kleinen Objekten durchaus ähnliche, 2nfach erweiterte Modelle in der Entfernung

$l = 25$ cm aufstellte und sie dann mit dem Raumbilde verglich. Die kleinen Objekte selbst eignen sich für diese Vergleichungen wenig, weil sie ja unter ganz verschiedenen Bedingungen, nämlich abweichender angularer Größe, betrachtet werden.

Überblickt man die ganze Entwicklung der binokularen Instrumente, so läßt sich ein merkwürdiger Gegensatz zwischen der Art intelligenter Amateure und der wissenschaftlich geschulter Spezialisten nicht verkennen. Beide fördern wohl das Ziel der Verbesserung der Instrumente, aber das geschieht doch in sehr verschiedener Weise.

Schon in jener ersten Zeit, wo weitere Kreise unter den binokularen Instrumenten nur an den Doppelfernrohren Anteil nahmen, sind es die Klostergeistlichen der verschiedenen Orden, die als intelligente Amateure an diesen Instrumenten arbeiten; sie haben für die Mängel der Leistung große Nachsicht wegen ihres verständnisvollen Vergnügens an der darin verwirklichten Idee. Diese bestand für sie — soweit sie sie bestimmt ausgesprochen und formuliert haben — allerdings fast allein darin, daß beide Augen wirksam waren, und daß sich dadurch eine größere Helligkeit ergab. Aber schon im vierten Jahrzehnt des 18. Jahrhunderts hat sich dieses Bild geändert; die inzwischen erstarkte Wissenschaft übte eine solche Milde nicht mehr, und da sie selbst ihr Interesse anderen Gebieten zuwandte, so versanken die binokularen Fernrohre allmählich völlig in Vergessenheit. Die Neuerfindung dieser Instrumente im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts brach sich zunächst nur sehr langsam Bahn, doch wurde wahrscheinlich das Interesse auch dafür durch die Entdeckung des Stereoskops erhöht. Dieser Apparat blieb für längere Zeit der Hauptvertreter der binokularen Instrumente, und seine Blütezeit begann, als sich neben den Vertretern der reinen Wissenschaft intelligente Praktiker mit ihm zu beschäftigen anfingen. Diese Periode steht, was die durchschnittliche Kenntnis und die teilnehmende Würdigung des Instruments angeht, weitaus am höchsten. Gewiß werden sich auch damals viele Photographen in rein nachahmenden Ausführungen gefallen haben, aber die Schwierigkeit der zu jener Zeit gebräuchlichen Verfahren hatte von selbst den großen Vorzug, nur die Ausgewählteren zuzulassen, und so fand sich denn eine Schar internationaler Gelehrten und wesentlich englischer Amateure auf diesem Gebiete zusammen. Sie alle waren in dem Streben einig, die Grundlagen ihres Gebiets zu verstehen, seine Grenzen zu erweitern und dunkle Punkte nach besten Kräften aufzuklären. Das Instrumentarium war nach den heutigen Begriffen mangelhaft, und die persönliche Geschicklichkeit mußte angestrengt werden, um die glänzenden Erfolge jener Zeit hervorzubringen. Ganz bewußter Weise übertrug man die Methode beidäugiger Beobachtung auf das Mikroskop und schuf dadurch

für die Länder englischer Zunge einen wertvollen Zuwachs des Instrumentariums. Diese binokularen Instrumente wurden auch in der Zeit der Abkehr vom Stereoskop von verständnisvollen Benutzern, an denen die englischen Amateurgesellschaften glücklicherweise reich waren, sehr hochgehalten und zu stetiger Arbeit verwendet. Das eigentliche Stereoskop aber erlitt besonders in dem Lande seiner Erfindung einen unaufhaltsamen Rückgang. Durch gewissenlose Überschwemmung des Marktes mit Schundwaren wurde das Interesse der weitesten Kreise erstickt, und widerstrebend folgte das intelligente Amateurtum dem Beispiele der Wissenschafter, die diesem Gebiete schon früher den Rücken gekehrt hatten. In der langen Periode des Rückganges verlor sich nicht ganz die Kenntnis — das Stereoskop gehörte ja zu dem eisernen Bestande der Physikbücher — wohl aber das Verständnis dieses Instruments, denn die kleine, im Laufe der Jahre immer mehr zusammenschwindende Schar der Verehrer war ganz außerstande, das Interesse weiterer Kreise wach zu halten. Als sich dann ein Vierteljahrhundert nach jener Periode des Raubbaus eine neue Generation mit den binokularen Instrumenten beschäftigt, da sind die Leistungen der Blütezeit im einzelnen vergessen, und sie werden wenigstens zum Teil neu gemacht. Aber die neue Zeit trägt ein ganz anderes Gesicht als die alte. Bei den photographischen Verfahren waren in der Zwischenzeit solche Verbesserungen nach der optischen und solche Erleichterungen nach der chemischen Seite eingeführt worden, daß die selektive Wirkung der schwierigen Methoden der älteren Zeit in Fortfall kam; bei den binokularen Instrumenten zur direkten Beobachtung waren aber besondere Schwierigkeiten von jeher nicht vorhanden gewesen. So ist es ganz verständlich, daß die stereoskopische Beobachtung wieder Mode werden konnte, aber leider fehlte der Stamm tüchtiger Amateure, der der älteren Zeit ihren Charakter gab. Woher sollten sie auch kommen, da der Reiz der eigenen Erfindung, die selbständige Überwindung von Schwierigkeiten fast völlig aufgehört hatte? Denn für die neue Zeit ist es im Gegensatz dazu typisch, daß in richtiger Erkenntnis der veränderten Lage der wissenschaftlich geschulte Spezialist in der Optik und unter Umständen auch im Camerabau die Führung übernimmt und seinen Scharfsinn und sein technisches Geschick zur Herstellung eines Instrumentariums verwendet, das dem der älteren Zeit ebensoweit überlegen ist wie die alten Praktiker den neuen. So geht es mit der stereoskopischen Photographie, und nicht anders steht es bei den Doppelfernrohren und Doppelmikroskopen, den stereoskopischen Entfernungsmessern und den Stereokomparatoren. Häufig schon die Anregung, jedenfalls aber die Durcharbeitung geht von Spezialisten aus, und verständlicherweise bleibt der großen Menge der Benutzer bei dem Schauspiele dieser Erfindungen nur die bequeme Rolle des staunenden Zuschauers. Die Neigung der Wissenschafter von heute,

sich rasch einem engbegrenzten Gebiete zuzuwenden und dies allein als Spezialisten zu beherrschen, kommt dieser betrübenden Richtung der Entwicklung entgegen, und man verlangt von dem Benutzer eines binokularen Instruments schon gar nicht mehr die Kennerschaft. Vielmehr ist es heute den meisten nur noch um die Leistung zu tun, und die Freude an dem zugrunde liegenden Prinzip, die verständnisvolle Teilnahme für das Instrument, ist dahin. Um so mehr ist es die Aufgabe gerade der technischen Spezialisten, auf eine Erweckung des Interesses zu wirken, denn nur dadurch kann die Gefahr des Epigonentums überwunden werden, das schon so häufig infolge scholastischen Festhaltens an allen Meinungen anerkannter Meister die Entwicklung dieses Wissensgebiets gehemmt hat.

III. Systematischer Teil.

Vorbemerkungen.

Die Verwertung des Materials, das in dem vorangegangenen historischen Teil zusammengetragen worden ist, wird durch die folgende systematische Anordnung sicherlich erleichtert. Sie enthält übrigens keine andern Gesichtspunkte, als sich im Laufe der vorher geschilderten Entwicklung ergeben haben, und erhebt durchaus nicht den Anspruch, etwa ein ganz allgemein ausreichendes Schema zu bieten.

Im Vorstehenden ist bereits an manchen Stellen auf die Grundsätze aufmerksam gemacht worden, nach denen eine solche Einteilung vorgenommen werden könnte, doch mögen sie hier noch einmal im Zusammenhange Platz finden.

Der ganzen Darstellung entsprechend ist der Begriff des ortho- und des pseudomorphen Raumbildes aus der Strahlenbegrenzung abzuleiten, und zwar kommt es allein darauf an, ob die Stellung der Objektaugen orthopisch oder chiastopisch ist. Bei einem einheitlich wirkenden System ist die zweite Möglichkeit ausgeschlossen, dagegen kann sie sich bei zwei getrennten Systemen einstellen. Es ist indessen nicht notwendig, daß dies Sammelsysteme seien, vielmehr genügt hier eine Verschiebung der Objektaugen nach rechts und links oder eine Spiegelverkehrung, wie sie sich durch ein System von spiegelnden Ebenen oder brechenden Prismen herbeiführen lassen. Diese einfachen Grundformen sind denn auch in mannigfacher Weise, entweder allein für sich oder in Verbindung mit Sammelsystemen, sowohl einheitlich wie getrennt wirkenden, benutzt worden.

Wurde hier die Strahlenbegrenzung berücksichtigt, soweit sie sich auf das beidäugige Sehen bezog, so spielt sie in der Einteilung selbstverständlich auch für das einzelne Auge eine Rolle. Das Halbbild kann zentrisch betrachtet werden oder abweichend davon, wobei sich im zweiten Falle — wenn überhaupt ein Raumbild im strengen Sinne zustande kommt — allgemein Heteromorphien ergeben. Hält man aber an der zentrischen Betrachtung fest, so ist es von Wichtigkeit, ob die

ursprünglichen Gesichtswinkel erhalten bleiben, und damit die Möglichkeit einer Homöomorphie gegeben ist, oder ob sie verändert werden, was dann zu Porrhallaxien führen kann. Im allgemeinen wird es sich um Vergrößerungen der Winkel handeln, doch kommen auch Fälle vor, wo der allgemeinere Begriff der Sammelwirkung besser paßt, da die Gesichtswinkel verkleinert werden.

Was nun die Entstehung der Halbbilder angeht, so findet hier die Unterscheidung der ununterbrochenen und der unterbrochenen Abbildung ihre Stelle, die häufig aber durchaus nicht immer mit dem üblichen Begriffe der subjektiven und der objektiven Betrachtung zusammenfällt, und die daher im Interesse einer größeren Schärfe anzuwenden war. Von unterbrochener Abbildung wird stets zu sprechen sein, wenn dem durch das beidäugige Sehen entstehenden Bildraum kein einheitlicher Objektraum gegenübersteht.

Bei der Herstellung der Halbbilder handelt es sich in vielen Fällen der unterbrochenen Abbildung, namentlich der so überwiegend wichtigen photographischen, um eine Sammelwirkung, die in gewisser Weise der Vergrößerungswirkung entspricht, wovon bei der Strahlenbegrenzung des Einzelauges die Rede war.

Größere Schwierigkeiten stellen sich bei der unterbrochenen Abbildung da ein, wo das Halbbild keine physische Existenz hat, sondern wo etwa aus einem dem Einzelauge dargebotenen Körper erst das Abbild konstruiert zu denken ist. Für das Einzelauge, dem ja vom ganzen Objektraum nur solche Abbilder zugänglich sind, macht das keinen Unterschied, doch war hier auf diese Verhältnisse hinzuweisen, damit man die nahe Verwandtschaft zwischen diesen virtuellen Abbildern und den vertrauteren physischen Abbildskopien deutlich erkenne. Hierher gehören auch die Lösungen jenes ziemlich heiß umworbenen Problems, eine einzelne Zeichnung beidäugig im Relief zu sehen. Wird von ihr eine Kopie erzeugt, eine physische, oder ein virtuelles Bild, und erteilt man diesen beiden Darstellungen für jedes Auge eine Drehung im entgegengesetzten Sinne, so entsteht für jedes Auge ein von dem anderen verschiedenes Abbild, und jene Aufgabe ist gelöst. Nur freilich befriedigt diese Lösung nicht besonders.

Die Gegenüberstellung der bloßen Betrachtung und der kritisierenden Analyse des Raumbildes erscheint zweckmäßig, weil sich so in einfacher Weise das ziemlich viel bearbeitete Gebiet einmal der Ortho- und der Pseudomorphien und dann das der Homöo- und der Heteromorphien abgrenzen läßt. Daß hierbei in der Praxis überall auch

subjektive Momente eine Rolle spielen, ist gewiß, doch waren sie nach der ganzen Anlage dieser Schrift hier gänzlich auszuschließen.

Die umfassendste Einteilung beruht auf der Anzahl der gleichzeitig dem Beobachter dargebotenen Räume; hierin bot sich eine einfache Absonderung der in neuester Zeit mit so viel Erfolg ausgebildeten binokularen Meßinstrumente.

Das Schema der Einteilung ist mit Absicht an den Schluß, hinter Seite 223, eingeklebt worden. Es ist herauszuziehen und dient dann gleichzeitig als Index für die mit Ziffern bezeichneten kleinsten Unterabteilungen. Diese finden sich auf den hier unmittelbar folgenden Seiten 196—203. Vor dem Titel einer jeden Unterabteilung findet sich die arabische Ziffer, durch die diese Unterabteilung in dem Hauptschema vertreten ist. Die Zahlen hinter jeder historischen Notiz oder Anführung geben die Seiten in dem historischen Teil an.

Systematische Anordnung.

(Das Einteilungsschema hinter S. 223 ist herauszuziehen.)

4. Strahlenbegrenzung durch Objektaugen, entworfen mittels brechender Prismen oder spiegelnder Ebenen.

Orthopische Konstruktionen (stets verkleinerter Abstand).

Lupen.

1853 J. L. RIDDELL 70.

1863 R. BECK (unsymmetrische Konstruktion) 114.

1867 A. NACHET 116.

Mikroskope (die Augen sind je mit einem Okular bewaffnet).

Die spiegelnden Prismen.

1853 J. L. RIDDELL 72.
A. NACHET 73.

1860 F. H. WENHAM 112.

1863 A. NACHET 116.

1871 J. W. STEPHENSON 141.

1879 und 1882 H. GOLTZSCH 152. 153.

Die brechenden Prismen.

1860 F. H. WENHAM 112.

1873 F. H. WENHAM 141.

Stereoskopische Okulare.

1865 R. B. TOLLES 114.

1881 (?) A. PRAZMOWSKI 141/142.

Synopische Konstruktionen.

Mikroskope mit einem Objektiv.

1854 Erste Idee der zweiäugigen Beobachtung durch F. H. WENHAM 73/74.

1865 Erste Ausführung durch POWELL & LEALAND 114.

1866 Verwendung des SWANschen Würfels durch F. H. WENHAM 115.

Stereoskopische Okulare.

1880 E. ABBES Verwendung des SWANschen Würfels 154.

Chiastopische Konstruktionen.

1853 F. H. WENHAMS erste binokulare Mikroskope 72.

1863 A. NACHET 116.

5. Orthopische Stellung der Objektaugen.

Doppelfernrohre.

Der Abstand der Objektaugen ist im Wesentlichen unverändert.

1608 J. LIPPERHEY (holländischer Typus) 23.

1625 D. CHOREZ, Einführung der Parallelverschiebung zur Anpassung an den Augenabstand 23/24.
A. M. SCHYRL (terrestrischer Typus) 24/25.

1677 CHÉRUBIN D'ORLÉANS (auch astronomische Doppelfernrohre), besonders sorgfältige Anpassung an den Augen- und Objektabstand 25/26.

1738 R. SMITH (GREGORYsche Tuben) 30.

1823 FR. VOIGTLÄNDER (achromatische Perspektive) 34.

1825 B. WIEDHOLT und A. SCHWAIGER, Anpassung an den Augenabstand 35.
J. PH. LEMIÈRE, Ausgestaltung des modernen Operngläses mit Anpassung an den Augenabstand und gemeinsamer Einstellung beider Rohre 35/36.

1841 J. J. CHOQUET, Einführung des Okularrevolvers in das Doppelfernrohr 37.

1843 FR. VOIGTLÄNDER, Angebot der durch J. PETZVAL verbesserten Doppelgläser 37.

1854 . . LAFLEUR, Sondereinstellung der Okulare 37.
. . HARDWEILER, Herstellung starkvergrößernder Doppelfernrohre mit Teleobjektiven als Objektivsystemen 37.
P. G. BARDOU, Terrestrische Doppelfernrohre 37.

1859 A. A. BOULANGER, Umkehrung und Anpassung an den Augenabstand durch PORROsche Prismen 172.

1881 H. GOLTZSCH (astronomisches Doppelfernrohr) 152.

1884 C. D. AHRENS, Umkehrung und Anpassung an den Augenabstand durch PORROsche Prismen 174.

1898 K. FRITSCH, Terrestrische Doppelfernrohre mit variabler Vergrößerung 178.

Der Abstand der Objektaugen ist verändert (meist erweitert).

1857 Telestereoskop mit Fernrohrvergrößerung nach H. HELMHOLTZ 87.

1858 W. HARDIES Reklamation für die Zeit nach 1853 88.
F. H. WENHAMS Reklamation für das Jahr 1853 88.

1859 J. F. W. HERSCHELS Reklamation für seinen Sohn und das Jahr 1855 103.

1875 C. NACHETS PORRO sches Doppelfernrohr mit erweitertem Objektivabstand 173.

1893 E. ABBES Feldstecher, Relief-Fernrohre, Relief-Standfernrohre 175.

1896 ZEISSische Feldstecher mit verkleinertem Objektivabstande 177.

1897 A. DAUBRESSE, Prismendoppelfernrohre mit erweitertem Objektivabstande 177/178.

Doppellupen und -mikroskope (immer mit endlicher Konvergenz).

1866 E. JAVALS Doppellupe 137.

1886 WESTIEN sche Doppellupe nach F. E. SCHULTZE 161.

1895 GREENOUGH sches Doppelmikroskop mit PORRO schen Prismen zur Bildaufrichtung und Anpassung an den Augenabstand 184/185.

6. Chiastopische Stellung der Objektaugen.

1677 CHÉRUBIN D'ORLÉANS Doppelmikroskop 26.

1852 Das WHEATSTONE sche Lupenpseudoskop 67.

1852 Sir DAVID BREWSTERS Kameoskop 81.

7. Durch perspektivische Zeichnungen.

1738 R. SMITH 30.

1838 CH. WHEATSTONE 40.

1851 H. W. DOVE (verschieden große Zeichnungen) 62.

1852 Sir DAVID BREWSTERS Methode, aus dem Objektabstande die stereoskopische Differenz zu ermitteln 55.

J. ELLIOTS Reklamation für 1839 69.

1855 Perspektivische Konstruktionen von J. HESSEMER und J. J. OPPEL 106/107.

1860 W. HARDIES Methode möglichst genauer Zeichnung des zweiten zu einem gegebenen ersten Halbbilde 105.

1861 O. N. ROODS Methode 129.

1870 A. STEINHAUSERS Berechnung der homologen Punkte 145/146.

1876 A. STEINHAUSERS gekreuzte Halbbilder 146.

Allgemeine Formeln für die Koordinaten homologer Punkte nach TH. HUGEL 149.

1876 TH. HUGELS Konstruktion der Halbbilder auf der Teilmaschine 149.

8. Durch verschiedene scheinbare Umrisse.

(Gleichartig für beide Augen.) Durch verschiedene, den beiden Augen dargebotene physische Objekte oder durch verschiedene optische Bilder desselben Objekts.

1738 R. SMITH, mit verschiedenen kleinen Objekten 29.

1838 CH. WHEATSTONE, durch zwei identische Körperskelette 40.

1842 C. TH. TOURTUAL, durch zwei identische verschieden geneigte Zeichnungen 44.

1857 J. B. DONAS, durch zwei verschieden geneigte Spiegelbilder derselben Zeichnung 89.

1859 TH. WH. JONES, durch zwei prismatische Bilder desselben Objekts 123.

1882 W. LE CONTE STEVENS wie C. TH. TOURTUAL 157.

1898 H. H. HILL etwa wie J. B. DONAS und TH. WH. JONES 170.

(Ungleichartig für beide Augen.) Das Objekt selbst bildet den scheinbaren Umriß für das eine Auge, sein Spiegelbild den für das andere (nur bei geeigneten Objekten möglich).

1851 Einzelne Spiegelprismen von H. W. DOVE 60.

1852 Einzelne Spiegel- und Brechungsprismen von Sir DAVID BREWSTER 55.

1853 Spiegelsysteme von W. ROLLMANN 83.

9. Durch Schattenkonstruktionen bei Anwendung der Radiographie.

Am Barium-Platin-Cyanürschirm.

1896 E. MACH 166.

1899 M. DAVIDSON 166/167.

1900 TH. GUILLOZ 167.

Auf den Radiogrammen.

1896 E. MACH 166.

1896 P. CZERMAK 166.

10. Durch diffuse Strahlung auf der Mattscheibe.

1855 G. NORMAN 103.

1856 Sir DAVID BREWSTERS Camerastereoskop 85.

11. Durch die Photographie.

Mit einheitlich wirkenden Systemen.

Makrophotographische Aufnahmen.

Die Trennung ist rein zeitlich durch Verschiebung des Objektivs.

Die Trennung ist rein zeitlich durch Drehung des Objekts.

Die Trennung ist rein geometrisch infolge der Anwendung von Spiegelsystemen.

Mikrophotographische Aufnahmen.

Die Trennung geschieht am Objektiv.

Die Trennung geschieht am Objekt.

Mit Doppelsystemen.

Makrophotographische Aufnahmen.

Mikrophotographische Aufnahmen.

Nachträgliche Abbildung schon vorhandener Stereogramme.

Für stereoskopische Projektion.

Zur Erweiterung des Bildwinkels.

12. Durch spektrale Zerlegung des Lichts.

13. Strahlenbegrenzung durch die Augen selbst (Zwischenschaltung einfacher Spiegel und Ableseprismen bleibt unberücksichtigt).

Stereoskopische Methoden.

1838 CH. WHEATSTONES Stereoskop mit und ohne ebene Spiegel 39.

1851 H. W. DOVES Spiegelinstrument 62.

1852 CH. WHEATSTONES verbessertes Stereoskop und sein Stereoskop in Kastenform 65/66.

J. DUBOSCQS Spiegelungen nach oben und unten 63.

1855 J. J. OPPELS Nachweis, im Stereoskop könne nur der Eindruck de direkten beidäugigen Sehens wiederholt werden 107.

1857 W. HARDIES Spiegelungen nach oben und nach unten 89.

1859 W. DE LA RUES Fortbildung des WHEATSTONEschen Spiegelstereoskops 102.

1862 J. SWANS Miniaturbüsten 121/122.

Methoden zur Herbeiführung der notwendigen Konvergenz ohne besonderen Apparat.

1851 Sir DAVID BREWSTER, für Sehen mit gekreuzten Achsen 55.

1853 W. ROLLMANN, für Sehen mit gleichgerichteten Achsen 83.

1856 H. FAYE, für Sehen mit gleichgerichteten Achsen 85.

Einrichtungen zur Betrachtung übereinanderprojizierter Bilder.

1853 W. ROLLMANNS farbige Schatten 83.

1858 CH. D'ALMEIDAS farbige Lichter 89.

CH. D'ALMEIDAS zeitliche Trennung 90.

1891 Die Anaglyphen von L. DUCOS DU HAURON 162/163.

J. ANDERTONS Projektion mit linear polarisiertem Licht 163.

1895 F. DROUINS Anwendung des Thaumatrops 167/168.

14. Strahlenbegrenzung durch Objektaugen, entworfen mittels brechender Prismen oder spiegelnder Ebenen.

Orthopische Stellung.

1851 Sir DAVID BREWSTERS brechendes Prisma 55.

1852 Seine Verwendung durch J. DUBOSCQ für Projektionszwecke 63.

J. DUBOSCQS rhombisches Prisma im Stereoskopapparat 63.

1853 W. HARDIES Pseudoskop dritter Form als Stereoskop 82.

1856 Sir DAVID BREWSTERS Apparate mit zwei Reflexionen 84.

1873 H. GRUBBS brechende Prismen 143.

H. GRUBBS Spiegelprismen 143.

1897 F. DROUINS Spiegelprismen mit zwei Reflexionen 168.

Chiastopische Stellung.

1851 H. W. DOVES verschiedene Prismenstereoskope mit zwei Prismen und mit einem Prisma 60/61.

Sir DAVID BREWSTERS Instrumente mit einem AMICIschen Reflexionsprisma und mit Planspiegeln 54/55.

1852 J. DUBOSCQS Verwendung der DOVEschen Form für Projektionszwecke 63.

1853 W. ROLLMANNS Spiegelstereoskope 83.

W. HARDIES Pseudoskope erster und zweiter Form als Stereoskope 82.

1857 J. DUBOSCQS Verwendung der DOVEschen Form für unzerschnittene Halbbilder 63.

15. Mit einheitlich wirkenden Systemen.

1858 A. CLAUDETS Stereomonoskop 104.

1861 . . SCHMALENBERGERS Hohlspiegelstereoskop 120.

1866 Die große Linse als Stereoskop nach A. CLAUDET 121.

1867 J. CLARK MAXWELLS zusammengesetztes Stereoskop 121.

1879 H. GRUBBS Spiegelstereoskop 144.

16. Mit Doppelsystemen.

Mit zentrisch benutzten.

1850 Fernrohrstereoskop von H. W. DOVE 58.

1852 Linsenstereoskop von CH. WHEATSTONE (mit Justiereinrichtungen) 67/68.

Sir DAVID BREWSTERS Fernrohrstereoskop 81.

1856 Sir DAVID BREWSTERS Mikrostereoskop (Reklamation der Idee für 1852) 55.

1856 und später Übergangsformen vom BREWSTERschen Prismen- zum WHEATSTONEschen Linsenstereoskop von A. CLAUDET, E. E. SCOTT, G. KNIGHT und CH. PIAZZI SMYTH 84. 124.

1859 H. SWANS Stereoskop für ungleich große Stereogramme 90.

1866 HELMHOLTZisches Linsenstereoskop mit Justiereinrichtungen 124/125.
1894 Orthostereoskop nach F. STOLZE 167.

Mit exzentrisch benutzten.

1849 Sir DAVID BREWSTERS Prismenstereoskop 49.
1850 Seine Ausführung durch J. DUBOSCQ 57.
1856 Sir DAVID BREWSTERS Taschenstereoskop (für ein Auge) 84/85.
1868 J. H. WARNERS panoramisches Stereoskop 125.
1868 (?) Das amerikanische Stereoskop nach O. W. HOLMES 125/126.
1877 A. STEINHAUSERS Vorschlag für ein homöomorphes BREWSTERsches Prismenstereoskop 146—148.
Der entsprechende Vorschlag von H. GOLTZSCH 151.

17. Feststellung einer bestimmten Lage des Raumbildes.

Bei einheitlichen Systemen.

Siehe unter 3.

Bei Doppelsystemen.

1677 CHÉRUBIN D'ORLÉANS Lokalisierung der Gesichtsfeldbegrenzung beim Doppelfernrohr 27.
1738 R. SMITHS Lokalisierung der Gesichtsfeldbegrenzung beim Brillenexperiment 30.

18. Abhängigkeit der Größe und Lage des Raumbildes von der Konvergenz.

1738 Das Zirkelexperiment mit gleichgerichteten und gekreuzten Blicklinien von R. SMITH 29.
1834 CH. WHEATSTONES Äußerungen bei der ersten Veröffentlichung 39.
1842 H. MEYERS Erklärung der Tapetenbilder 45.
1849 Sir DAVID BREWSTERS stereoskopisches Experiment 49.
1852 CH. WHEATSTONES schematische Versuche beim zweiten Vortrage 65.
1856 A. CLAUDETS laterale Verschiebung 99.
1861 . . SCHMALENBERGERS Beobachtungen am Hohlspiegelstereoskop 120.
1867 J. CLARK MAXWELLS Beobachtungen an seinem zusammengesetzten Stereoskop 121.

19. Homöomorphie.

Ein im Maßstab verändertes Raumbild.

1849 Allgemeine Einführung des Modellcharakters durch Sir DAVID BREWSTER 49.
1853 Erste Veröffentlichung der sogenannten HELMHOLTZischen Regel durch A. CLAUDET (subjektive Homöomorphie) 97.
1856 Praktische Demonstration des Modellcharakters durch W. J. READ 99.
1857 Bedingungen dafür bei der Parallelcamera nach W. CROOKES 86.
1859 Herbeiführung des Modellcharakters mit den Konvergenzaufnahmen des Mondes durch W. DE LA RUE 102.
1870 Theorie des homöomorphen Stereoskops nach A. STEINHAUSER 146.
1895 H. S. GREENOUGHS Idee des orthomorphen Mikroskops 184.

Ein tautomorphes Raumbild.

1853 A. GAUDIN 78. 98.
1856 Sir DAVID BREWSTER 79/80.
1856/57 TH. SUTTON 100.
1894 F. STOLZE 170.
1895 L. CAZES 171.

20. Heteromorphie.

Im allgemeinen.

1857 TH. SUTTON bemerkt das Kreuzen der Strahlen bei der Betrachtung von Konvergenzaufnahmen im gewöhnlichen Stereoskop 100/101.
1869 C. PIAZZI SMYTHS Benutzung des Raumbildes zur Identifizierung zueinander passender Teile zweier verschiedener Aufnahmen des gleichen Objekts 118/119.

Im speziellen die Porrhallaxien.

Ihre Konstatierung.

1853 A. CLAUDETS Bemerkung zum Doppelfernrohr 97.
1857 Die Theorie des Telestereoskops mit Fernrohrvergrößerung nach H. HELMHOLTZ 87.
1866 Umänderung seiner alten Ansichten zu denen A. CLAUDETS 87.

1896 Konstatierung der Kulissenwirkung bei den ZEISSischen Relief-Standfernrohren durch G. HIRTH 176.

Ihre Benutzung zu Messungszwecken.

1858 F. H. WENHAMS Entfernungsmesser und seine Reklamation für 1853 88.

Die binokulare Entkörperung.

1838 CH. WHEATSTONE 40/41.

1851 H. W. DOVE 60.

Die Änderungen im Raumbild bei zwei als identisch vorausgesetzten Halbbildern.

Ohne Vergrößerung.

1844 Sir DAVID BREWSTERS Verwendung der Tapetenbilder zum Nachweis von Unregelmäßigkeiten 48.

1859/60 H. W. DOVES entsprechende Experimente mit Typensatz und Original und Kopie 91. 128.

Mit Vergrößerung.

1848 Sir DAVID BREWSTERS Farbenstereoskop 48/49.

1861 F. H. WENHAMS Doppelmikroskop 129.

1887 J. HARMERS Ermittlung von Sternbewegungen und Verschiebung von Spektrallinien 160.

1892 J. HARMERS Vergleichung des Photogramms mit dem Luftbilde in der Brennebene 160.

1901 C. PULFRICHS Stereokomparator 182. 183.

21. Rein geometrische Behandlung.

1856 TH. SUTTONS einfache Theorie des Stereoskops 100.

1866 Die allgemeine Theorie namentlich auch der Reliefbilder nach H. HELMHOLTZ 137.

1877 A. STEINHAUSERS eingehendere Theorie des BREWSTERschen Prismenstereoskops 146/147.

1894 F. STOLZES Theorie: Berücksichtigung der gleichsinnigen Verschiebung der Halbbilder 170.

1895 Die Theorie von L. CAZES: Berücksichtigung des Akkommodationsgebiets 171.

22. Einbeziehung der Verzeichnung der Betrachtungssysteme.

1849 Sir DAVID BREWSTER bemerkt diese Tiefenfälschung 49.

1853 A. GAUDINS Verwendung von Halblinsen als Aufnahmeobjektive 78/79.

1856 A. CLAUDETS gleichartiges Vorgehen, ausgesprochen zum Zwecke der Korrektion dieses Fehlers der Betrachtungslinsen 85.

23. Die Pseudomorphie und ihre Beziehung zur Orthomorphie.

1838 Die konvertierten Raumbilder CH. WHEATSTONES 40.

1852 CH. WHEATSTONES Einführung der Pseudoskope 67.

1854 F. H. WENHAMS Idee, durch Wegblendung am Mikroskop für zweiäugige Beobachtung Relief zu erhalten 73/74.

1859 J. J. OPPELS mathematische Behandlung der Formänderung bei der Betrachtung gekreuzter Halbbilder mit gleichgerichteten Achsen 108.

1876 TH. HUGELS allgemeine Theorie 149.

1880/81 E. ABBES theoretische und praktische Erledigung der Pseudoskopie für die Binokularmikroskope mit einheitlichem Objektiv 155.

1882 A. MERCERS Anwendung der ABBEschen Theorie 157.

24. Ununterbrochene Abbildung mindestens eines Raumes.

1738 R. SMITHS Zirkelexperiment 29.

1863 H. DIRCKS und J. H. PEPPERS Geistererscheinungen 136.

25. Unterbrochene Abbildung beider Räume.

Durch ein Stereogramm.

Mit einer einmaligen Aufnahme.

1877 E. MACHS Aufnahme einer Anordnung nach Art der Geistererscheinungen 136.

Mit zwei Aufnahmen auf derselben Platte.

1856 Sir DAVID BREWSTERS Vorschlag 81.

1865 E. MACHS Verwendung für die Durchdringungsbilder 135.

1882 J. HARMERS Kombinationsdrucke 158.

Durch Überlagerung des Grundstereogramms durch ein Diapositiv-Stereogramm.

1856 Sir DAVID BREWSTERS Vorschlag 81.

26. Ununterbrochene Abbildung mindestens eines Raumes.

Ohne Vergrößerung.

1861 A. ROLLETS feste Skala 134.

1866 E. MACHS telestereoskopischer Entfernungsmesser mit fester Skala 135.

Vor 1879 Die Konstruktion des Zeichenapparats 145.

1903 C. PULFRICHS Planigraph 182/183.

Mit Vergrößerung.

1893 H. DE GROUSILLIERS und E. ABBES stereoskopischer Entfernungsmesser; feste Skala, wandernde Marke, wanderndes Objekt 180/81.

27. Unterbrochene Abbildung beider Räume.

Ohne Vergrößerung.

1880 J. HARMERS Messung der Wolkenhöhe 159.

1892 F. STOLZES Einführung der wandernden Marke 180.

1898 T. MARIE und H. RIBAUTS feste Skala bei der Ausmessung von stereoskopischen Radiogrammen 183.

1899/1900 T. MARIE und H. RIBAUTS Entwicklung der Theorie der wandernden Marke 183.

1902 TH. GUILLOZ, Ausmessung des pseudomorphen Raumbildes 167.

Mit Vergrößerung.

1891 Der Vorschlag von J. MIES für die stereoskopische Schädelmessung 179.

1902 C. PULFRICHS Ausbildung des Stereokomparators 182/183.

Literaturverzeichnis.

Die Titel wurden unter möglichster Bewahrung der Schreibart der Autoren übernommen; fremdländische aber ohne Großschreibung der Substantiva. Sie sind in kleinen Lettern gesperrt gedruckt, wenn sie nicht an der ursprünglichen Stelle gebildet worden waren.

Die halbfette, eingeklammerte Ordnungszahl dient als Hinweis bei den Zitaten. Unmittelbar hinter dem Titel oder der sachlichen Notiz findet sich die Zahl der betreffenden Seite.

Die Quellen sind so exakt angegeben, wie es sich in Jena ermöglichen ließ, wo dem Autor keine große Bibliothek zur Verfügung stand.

A.

bbe, E.: (*1.*) Beschreibung eines neuen stereoskopischen Oeulars nebst allgemeinen Bemerkungen über die Bedingungen mikro-stereoskopischer Beobachtung. 71. 113. 152. 154. 156.

Zft. f. Mikrosk. (red. v. E. KAISER) 1880. **2.** 207—234.

CARL's Rep. 1881. **17.** 197—224.

Auch abgedruckt in dem Sammelwerk: Gesammelte Abhandlungen von ERNST ABBE 1. Bd.

Jena, G. FISCHER, 1904. VIII, 486 S. 8° mit 2 Tafeln und 29 Textfiguren. S. 244—272.

—, —: (*2.*) On the conditions of orthoscopic and pseudoscopic effects in the binocular microscope. 156.

Journ. Roy. Micr. Soc. 1881. (2) **1.** 203—211.

Auch übersetzt unter dem Titel:

—, —: Über die Bedingungen der orthoskopischen und pseudoskopischen Wirkungen in dem binokularen Mikroskop.

Ges. Abh. v. E. ABBE. 1. Bd. S. 313—324.

—, —: (*3.*) On the mode of vision with objectives of wide aperture. (verl. 12. IV. 1882, gedruckt erst 1884). 157.

Journ. Roy. Micr. Soc. 1884. (2) **4.** 20—26.

Auch übersetzt unter dem Titel:

—, —: Über die Art des Sehens mit Objektiven von großer Öffnung.

Ges. Abh. v. E. ABBE. 1 Bd. 436—444.

—, —: (*4.*) Justirvorrichtung für Entfernungsmesser mit zwei Fernrohren. 181.

D. R. P. 73568 vom 20. VII. 1893, ausgeg. d. 28. II. 1894.

Auch abgedruckt in dem Sammelwerk: Gesammelte Abhandlungen von ERNST ABBE. 2. Bd. Wissenschaftliche Abhandlungen aus verschiedenen Gebieten. Patentschriften. Gedächtnisreden.

Jena, G. FISCHER, 1906. gr. 8°. VI, 346 S. mit 7 Tafeln und 16 Textfig. S. 257—261.

Abbe, E.: (*5.*) Doppelfernrohr. 176.

D. R. P. 76735 vom 19. X. 1893, ausgeg. d. 9. VIII. 1894.

Auch abgedruckt in den Ges. Abh. v. E. ABBE. 2. Bd. 262—266.

—, —: (*6.*) Doppelfernrohr mit vergrössertem Objectivabstand. 175.

D. R. P. 77086 vom 9. VII. 1893, ausgeg. d. 1. X. 1894.

Auch abgedruckt in den Ges. Abh. v. E. ABBE. 2. Bd. 267—274.

—, —: (*7.*) Stereoskopischer Entfernungsmesser. 181.

D. R. P. 82571 vom 3. I. 1893, ausgeg. d. 27. VII. 1895.

Auch abgedruckt in den Ges. Abh. v. E. ABBE. 2. Bd. 275—282.

—, —, allgemeine Darstellung des Abbildungsvorganges 3. Behandlung der Pseudoskopie 13. Bedingung für die geometrische Teilung der Büschel in Binokularmikroskopen 71. Theorie des Raumbildes in Binokularmikroskopen mit gemeinsamem Objektiv 155—156. Konstruktion der ZEISSischen Feldstecher, Relief-Fernrohre 175, und Relief-Standfernrohre 176.

Adie.., Ablehnung des HARDIEschen Doppelfernrohrs mit erweitertem Objektivabstande 82. 88.

Ahrens, C. D.: (*1.*) Improvements in the construction oferecting binocular prisms. 174.

E. P. 17102[84] vom 31. XII. 1884.

(Die Patentbeschreibung ist nicht gedruckt worden.)

Airy, G. B.: (*1.*) s. unter TH. SUTTON (*2.*). 100.

—, —: (*2.*) On the advantageous employment of stereoscopic photographs for the representation of scenery. (20. VIII.) 101.

Phot. Notes 1858. **3.** 199—200.

Der Artikel ist A. B. G. unterzeichnet; doch ist nach TH. SUTTONS Äußerungen

in Phot. Not. 1858. 3. 198; 4. 77 die Autorschaft G. B. AIRYS als sicher zu entnehmen.

van Albada, L. E. W., Literaturnachweis zum HARTING-DOVEschen Reversionsprisma 62.

d'Almeida, J. Ch.: (1.) Nouvel appareil stéréoscopique. (12. VII. 58.) 89.
C. R. 1858. 47. 61—63.
Auch übersetzt unter dem Titel:

—, —: On a new stereoscopic apparatus.
Phot. Journ. 1858/59. 5. 2.

—, —, seine Methoden der stereoskopischen Projektion 89—90. Unberechtigte Prioritätsreklamation durch W. ROLLMANN 90.

Anderton, J.: (1.) A method or system by means of which pictures projected upon a screen from an optical or magic lantern or lanterns are seen in relief or with stereoscopic effect. 163.
E. P. 11 520 [91] vom 7. VII. 1891 (prov. spec.) vom 7. IV. 92 (compl. spec.).
Siehe auch:

—, —: Stereoscopic screen pictures.
The Lant. Rec. 1892. 6.

—, —: (2.) An improved method or system by means of which pictures projected upon a screen from an optical or magic lantern or lanterns are seen in relief or with stereoscopic effect. 163.
E. P. 1835 [98] vom 24. I. 98 [prov.], vom 22. X. 98 [compl. spec.].
Siehe auch:
Stereoscopic effect on the screen. Mr. ANDERTONS system.
The Lant. Rec. 1899. 6—7.

Anonymus: (1.) Binocular Eye-pieces. 141. 142.
Journ. Roy. Micr. Soc. 1890. Part. 1. 383 bis 388.
Der Artikel geht wahrscheinlich auf FR. CRISP zurück. s. Journ. Roy. Micr. Soc. 1880. 3. Part. 2. 1088.

—, —: C. L. D.: Vollständiges Lehrgebäude der ganzen Optik, oder der Sehe- Spiegel- und Strahlenbrech-Kunst, darinn die Gründe derselben Theoretisch und Practisch vorgetragen, die Verfertigung der Maschinen und Instrumente, die Zubereitung aller Arten von Spiegeln und Optischen Gläsern deutlich gelehret, auch der Gebrauch derselben bey den Experimenten gezeiget wird von ...... 28.
Altona, Verlegts David Iversen, 1757, (18), 772 (4) S. 4° mit 90 (89) Kupfertafeln.

von Arnim, L. A.: (1.) Beobachtungen über scheinbare Verdoppelung der Gegenstände für das Auge. 32.
Gilb. Ann. 1799. 3. 249—256.

Aubert, H. R.: (1.) Das binoculare Perimikroskop. 161.
PFLÜGER's Arch. 1890. 47. 341—346.
Zft. f. Mikrosk. 1890. 7. 346—347, mit 2 Textfig.
Siehe auch:
AUBERT's binocular perimicroscope.
Journ. Roy. Micr. Soc. 1892. 1. 104—105.

B.

Bardou, P. G.: (1.) L'application des oculaires terrestres et célestes, en remplacement des oculaires concaves sur les lunettes-jumelles. 37.
Br. Fr. 19756 pris 29. V. 1854, dél. 25. VII. 1854. Descr. (2) 38. 14—15.

Barnard, F. A. P.: (1.) Method of taking daguerreotype pictures for the stereoscope, simultaneously, upon the same plate, with an ordinary camera (6. IX. 53). 76.
Sill. Journ. 1853. (2) 16. 348—350.

Barnardsche Spiegelaufnahmen 76/77 und das dazugehörige Stereoskop 77.

Barrow, I., Versuche mit Hohlspiegeln. Einwirkung auf J. H. LAMBERT 32.

Bautin, Ch. T., irrtümliche Annahme seiner Priorität über FR. VOIGTLÄNDER 35.

Beard, R., stereoskopische Aufnahmen für CH. WHEATSTONE 46.

Beck, R.: (1.) Description of a new stand for a single microscope, with an arrangement for using the magnifiers with both eyes. (Read 14. X. 1863.) 114.
Trans. Lond. Micr. Soc. 1864. (2) 12. 1—4.

Becker, O.: s. u. A. Rollet (2.). 133. 134.

[Bennett, ..]: (1.) The Clairvoyant stereoscope (Athenaeum). 90.
Phot. Journ. 1858/59. 5. 267—268.

Berry, G. R.: Stereoscopic camera. 79.
The Brit. Journ. of Phot. 1855. 2. Nr. 20. 100—101.

Beschreibung der Erfindungen und Verbesserungen, für welche in den kaiserlich-königlichen österreichischen Staaten Patente ertheilt wurden, und deren Privilegiumsdauer nun erloschen ist. Hrsg. auf Anordnung der kaiserl. königl. allgemeinen Hofkammer Bde. 1—3. 1821—43. Wien 4°.

Boulanger, Ant. Al.: (1.) Une néojumelle. 172.
Br. Fr. 41 957 vom 24. VIII. 1859.

Bow, R. H.: (1.) Some remarks on stereoscopic vision and on the stereoscope.

(Read at a meeting Edinb. Phot. Soc. 16. XI. 1864.) 130. 131.

The Brit. Journ. of Phot. 1864. **11.** Nr. 239. 482—483; Nr. 240. 497—499; Nr. 241. 513; Nr. 242. 527—528; Nr. 243. 540—541.

s. a.: 1865. **12.** Nr. 246. 35.

Die Hervorhebung des Fehlers, in den Sir DAVID BREWSTER bei der Beschreibung des Eindrucks verfallen war, den Aufnahmen mit erweitertem Objektivabstande machen.

Bow, R. H.: (*2.*) The stereoscope. 132.

The Brit. Journ. of Phot. 1865. **11.** Nr. 248. 54—55; Nr. 252. 111—112; Nr. 257. 174—175; Nr. 263. 260—261; Nr. 266. 299—300; Nr. 267. 315—316.

—, —, Bedeutung der Augenbewegungen und der Tiefendeutung für den stereoskopischen Eindruck 130. Porrhallaktische Wirkung 130/131. Forderung geringer Exzentrizität der Halblinsen. Der Objektivtrennung folgende Modellwirkung. Begrenzung der Halbbilder 131. Beweise für die geringe Bedeutung der absoluten Konvergenz. Forderung horizontal verschiebbarer Halblinsen 132. Verständnis für den Charakter der photographischen Aufnahmen. Behandlung der Brillen als stereoskopischer Instrumente 133.

Bratuscheck, K., Verwendung der PORROschen Prismen zur Anpassung der Okulare des ZEISSischen Doppelmikroskops an den Augenabstand des Beobachters 185.

Braus, H. u. L. Drüner, Präpariersystem mit den optischen Teilen des ZEISSischen Doppelmikroskops 186.

Brewster, Sir David: (*1.*) On the law of visible position in single and binocular vision and on the representation of solid figures by the union of dissimilar plane pictures on the retina. (Read 23. I. and 6. II. 1843.) 47.

Trans. Roy. Soc. Ed. **15.** 349—368.

—, —: (*2.*) On the knowledge of distance as given by binocular vision. (Read 15. IV. 1844.) 48.

Trans. Roy. Soc. Edinb. **15.** 663—675.
Phil. Mag. 1847. (3) **30.** 305—318.

—, —: (*3.*) On a singular effect of the juxtaposition of certain colours under particular circumstances. 48.

XIV. Meet. Br. Ass. at York. 1844. Not. 10.

—, —: (*4.*) On the vision of distance as given by colour. 48.

XVIII. Meet. Br. Ass. at Swansea 1848. Not. 48.

—, —: (*5.*) Description of several new and simple stereoscopes for exhibiting, as solids, one or more representations of them on a plane. (Read before the Roy. Scott. Soc. Arts 26. III. 1849.) 49. 53. 54. 55. 64.

Trans. Roy. Scott. Soc. Arts. 1851. **3.** 247 bis 259, mit einem lithogr. Stereogramm.
Phil. Mag. 1852. (4) **3.** 16—26. (Jan.-Heft).

Brewster, Sir David: (*6.*) Account of a binocular camera, and of a method of obtaining drawings of full length and colossal statues, and of living bodies, which can be exhibited as solids with the stereoscope. (Read . . . . 1849.) 49.

Trans. Roy. Scott. Soc. Arts. 1851. **3.** 260 bis 269.
Phil. Mag. 1852. (4) **3.** 26—30.

—, —: (*7.*) Description of a binocular camera. 49.

XIX. Meet. Br. Ass. at Birmingham 1849. Not. 5.

—, —: (*8.*) On a new form of lenses, and their application to the construction of two telescopes or microscopes of exactly equal optical power. 49.

XIX. Meet. Br. Ass. at Birmingham 1849. Not. 6.

—, —: (*9.*) An account of a new stereoscope. 53.

XIX. Meet. Br. Ass. at Birmingham. 1849. Not. 6—7.

—, —: (*10.*) Notice of a chromatic stereoscope. (Read 10. XII. 1849.) 49.

Trans. Roy. Scott. Soc. Arts. 1851. **3.** 270.
Phil. Mag. 1852. (4) **3.** 31.

—, —: (*11.*) Description of his stereoscope. 81.

North Brit. Rev. 1852. **17.** 176—203.

Scheint nach den Untertiteln, die ich der freundlichen Hilfe des Herrn G. E. BROWN verdanke, eine Wiedergabe der Arbeiten (*1. 2. 5. 6. 10.*) zu sein. M. v. R.

—, —: (*12.*) Examination of DOVE's theory of lustre (Ber. über Belfast Meet. Br. Ass.). 92.

Athen. 1852. 1041.

—, —: (*13.*) On the binocular vision of surfaces of different colours. 92.

XXV. Meet. Brit. Ass. at Glasgow. 1855. Not. 9.

—, —: (*14.*) On Mr. ROGER's theory of binocular vision. (18. II. 56.) 106.

Proc. Edinb. Soc. 1850—57. **3.** 356—358.

—, —: (*15.*) The stereoscope, its history, theory, and construction with its application to the fine and useful arts and to education. 55. 57. 64. 69. 70. 79. 80. 81. 84. 85. 94. 95.

London, J. MURRAY, 1856. 8°. IV, 235 S. mit 50 Textfig.

[—, — und **Wheatstone, Ch.**]: (*16.*) The original invention of the stereoscope. 95.

The Brit. Journ. Phot. 1857. **4.** Nr. 37. 4—7; Nr. 38. 21—28.

Enthält einen Abdruck der Briefe Sir DAVID BREWSTERS vom 15. X., 22. X.,

1. XI. und der Antworten CH. WHEATSTONES vom 18. X., 29. X., 11. XI. 1856. Gerichtet an die Redaktion der Tageszeitung „The Times".

Brewster, Sir David: (17.) Notice respecting the invention of the stereoscope in the sixteenth century, and of binocular drawings, by JACOPO CHIMENTI DA EMPOLI, a Florentine artist. (Read at a meet. Phot. Soc. of Scotland 10. IV. 1860.) 95.
Ph. Journ. 1859/60. 6. 232—233.
Auch übersetzt unter dem Titel:

—, —: Bemerkung über die Erfindung des Stereoskops im sechzehnten Jahrhunderte, und über binokuläre Zeichnungen von dem florentinischen Künstler JACOPO CHIMENTI DA EMPOLI.
Kr. Zft. f. Ster. und Fot. 1860. 1. 284—285.

—, —: (18.) On the stereoscopic pictures executed in the sixteenth century by JACOPO CHIMENTI. (Read at a meet. Phot. Soc. of Scotland 11. III. 1862.) 95.
Br. Journ. of Phot. 1862. 9. Nr. 162. 105 bis 106.

—, —: (19.) On the stereoscopic relief in the CHIMENTI pictures (vom 27. XI. 1863). 96.
Phil. Mag. 1864. (4) 27. Jan. Heft. 33—35.
Br. Journ. of Phot. 1864. 11. Nr. 206. 33.

—, —, s. a. unter R. H. Bow (1.) 131, erster Widerspruch gegen CH. WHEATSTONE 47. Die Tapetenbilder und das stereoskopische Kontrollverfahren. Die Theorie der „flatternden" Herzen. Sein Farbenstereoskop 48. Konstruktion eines Prismenstereoskops mit Halblinsen. Ein psychologisches Experiment 49. Die Modellwirkung der Objektivtrennung 49. 56. Prioritätsfrage zwischen ihm und H. W. DOVE 53/54. 60. Verschiedene Spiegel- und Prismenstereoskope 54/55. Mittel zur Erleichterung der Kreuzung der Augenachsen. Berechnung der stereoskopischen Differenz aus dem Abstande 55. Ausführung seines Prismenstereoskops durch A. ROSS, durch J. DUBOSCQ 57. Mißstimmung gegen CH. WHEATSTONE 64. Betonung der ELLIOTschen Prioritätsansprüche 70. Einhaltung der richtigen Winkel bei der Betrachtung der Halbbilder 79/80. Warnung vor großen Öffnungsdurchmessern. Verwendung von Halblinsen für Stereoskopaufnahmen 80. Seine Durchdringungsbilder 80/81. Seine Fernrohrstereoskope 81. Seine letzten Stereoskope 84—85. Meinungsverschiedenheit mit H. W. DOVE über die Glanzerklärung 92. Seine Angriffe gegen CH. WHEATSTONE 94—96.

Brewstersches Prismenstereoskop, seine allgemeine Theorie 50—53. vorläufige Theorie von TH. SUTTON 100. W. H. WARNERS Versuch einer Neueinführung 125. Das Stereoskop von O. W. HOLMES 125/126. Seine Theorie nach A. STEINHAUSER 146—148.

Brown, A. C. und J., Auffindung der CHIMENTIschen Bilder 95/96.

Brown, Th.: (1.) An apparatus for the production of stereoscopic photographs with a single lens camera at one exposure. 164.
E. P. 21406 94 vom 7. XI. 1894 prov., vom 7. VIII. 1895 compl. spec.

Brown, Th.: (2.) The panoramic and stereoscopic camera obscura. 166.
The Lant. Rec. 1901. 28—29.
Siehe auch das Sammelreferat in EDERS Jahrb. 1902. 16. 317—318.

Brücke, E.: (1.) Ueber die stereoscopischen Erscheinungen und WHEATSTONE's Angriff auf die Lehre von den identischen Stellen der Netzhäute. 44.
MÜLLER's Arch. 1841. 459—476.

Bucky, G.: (1.) Eine neue stereophotographische Deckungsmethode für anatomische, technische und stereometrische Zwecke. (Mit 1 Tfl. und 1 Fig. im Text.) 135.
Zft. f. wiss. Phot. 1907. 5. 141—151.

Burckhardt, F.: (1.) Prioritätsstreit zwischen BREWSTER und WHEATSTONE. 95.
Fortschr. Phys. 1856. 12. 306.

Burmester, L.: (1.) Theorie der geometrisch-optischen Gestalttäuschungen. (Erste Mitteilung vom 10. XI. 1905.) 43.
Zft. f. Psychol. her. von H. EBBINGHAUS. 1906. 41. 321—348, mit 1 Tfl.

C.

Carpenter, W. B.: (1.) On binocular vision and the stereoscope (A lecture delivered at the London Institution on 19. III. 1862). 47. 57. 64. 96.
The Brit. Journ. of Phot. 1862. 9. Nr. 163. 122—127.
Phot. Not. 1862. 7. Nr. 147. 122—125.

—, —: (2.) On NACHET's stereo-pseudoscopic binocular microscope, and on NACHET's stereoscopic magnifier; with remarks on the angle of aperture best adapted to stereoscopic vision. (Read 12. VI. 1867.) 116.
Trans. Lond. Micr. Soc. 1867. (2) 15. 105—113.

—, —: (3.) The microscope and its revelations. 114. 115. 117.
5. Ed. London, J. & A. CHURCHILL, 1875. XXXII, 848 S. mit 25 Tfln. und 449 Textfig.

—, —: (4.) On ABBE's binocular eyepiece. (13. X. 1880.) 156.
Journ. Roy. Micr. Soc. 1880. 3. Part. 2. 1088—1089.

—, —: (5.) On the physiology of binocular vision with the microscope. (Read 9. IV. 1884.) 157.
Journ. Roy. Micr. Soc. 1884. (2) 4. Part. 1. 486—496.

Cartwright, S.: (*1.*) Stereoscopic camera. 79.
The Brit. Journ. of Phot. 1854. 1. Nr. 5. 60 bis 61, vom 21. IV. 54.

Cazes, L.: (*1.*) De l'obtention par la photographie des épreuves stéréoscopiques à perspective exacte. 171.
Journ. phys. 1885. (2) 4. 314—316.

—, —: (*2.*) La stéréoscopie de précision, théorie et pratique. 171.
Paris, J. MICHELET, PH. PELLIN, 1895. 62 Texts. kl. 8° mit 21 Fig. auf 8 Tfln. S. 63 bis 70 enthalten PELLINsche Geschäftsanzeigen.

—, —, Betonung der Bedeutung der Akkommodation. Studium zahlreicher Heteromorphien 171. Sein Stereoskop für große Photogramme 172.

Chérubin d'Orléans: (*1.*) La dioptrique oculaire, ou la theorique, la positive et la mechanique, de l'oculaire dioptrique en toutes ses especes. 25.
Paris, TH. JOLLY & S. BENARD, 1671. (46), 419, (30) S. fol. mit 60 Kupfertafeln.
Auf dem ersten Textkupfer finden sich schon die in (*2.*) beschriebenen Doppelfernrohre.

—, —: (*2.*) La vision parfaite: ou le concours des deux axes de la vision en un seul point de l'objet. 24. 25. 26. 27.
Paris, S. MABRE-CRAMOISY, 1677. (26), 168, (19) S. fol. mit 16 Kupfertafeln und .... Textfiguren.

—, —: (*3.*) La vision parfaite: ou la veue distincte par le concours des deux axes en un seul point de l'objet. 23. 26.
Paris, E. CONTEROT, 1681, (26), 224, (15) S. fol. mit 13 Kupfertafeln.

—, —, Anpassung der holländischen Doppelfernrohre an den Augen- und Objektabstand. Schielbrille zur Messung des Augenabstandes 25. Terrestrische Doppelfernrohre. Vermeidung des Höhenfehlers. Doppelmikroskop 26. Stereoskopische Beobachtung 27. Einwirkung auf J. ZAHN 28 und R. SMITH 29.

Chevalier, Ch.: (*1.*) Méthodes photographiques perfectionnées. 78.
Paris, im Selbstverlag, 1859 Sept. II, 192 S. 8° mit Textfiguren.
In diesem Sammelbande findet sich der vom Herausgeber verfaßte Artikel: Du stéréoscope 31—45.

Chimentische Bilder 96.

Choquet, J. J.: (*1.*) Des perfectionnements dans la construction des lorgnettes. 37.
Br. Fr. . . . vom 20. VIII. 1841 und Nachtrag vom 5. IV. 1842. Descr. 62. 405—407.
Es handelt sich um den Okularrevolver.

Chorez, D., frühe Konstruktion eines holländischen Doppelfernrohrs 23/24.

Clark, L.: (*1.*) On an arrangement for taking stereoscopic pictures with a single camera. (21. V. 53.) 78.
Phot. Journ. 1853/54. 1. 57—60.

—, —, automatische Erzeugung orthozentrischer Positivkopien 78.

Claudet, A.: (*1.*) On the stereomonoscope.

—, —: On a manifold binocular camera. 78.
XXII. Meet. Br. Ass. at Belfast 1852. Not. 6.

—, —: (*2.*) Improvements in stereoscopes. 81.
E. P. 711 [53] vom 23. III. (prov. spec.), vom 23. IX. (compl. spec.).

—, —: (*3.*) On the angle to be given to binocular photographic pictures for the stereoscope. 97.
XXIII. Meet. Brit. Ass. at Hull. 1853. Not. 4.

—, —: (*4.*) Du stéréoscope et de ses applications à la photographie et derniers perfectionnements apportés au daguerréotype par F. GOLAS. (XI. 1853.) 78. 87. 97. 98.
Paris, Lerebours et Secretan, 1853, 8° 55 S. (Extrait d'un mémoire lu par M. CLAUDET à la Société des Arts de Londres 19. I. 1853 et d'un autre mémoire lu par le même auteur le 9. IX. à l'Ass. brit. réunie à Hull.)

—, —: (*5.*) Diskussion mit M. A. GAUDIN. 98.
La Lum. 1853. 3. 203 vom 17. XII.; 1854. 4. 6—7 vom 14. I.; 18. vom 4. II.

—, —: (*6.*) Improvements in stereoscopes. 84.
E. P. 515 [55] vom 8. III. 55 (prov. spec.), vom 7. IX. 55 (compl. spec.).

—, —: (*7.*) Considérations sur le stéréoscope. 85.
La Lum. 1856. 6. 30—31 vom 23. II.; 34 bis 35 vom 1. III.

—, —: (*8.*) On various phenomena of refraction through semi-lenses or prisms, producing anomalies in the illusion of stereoscopic images. (Rec. 22. IV., read 8. V. 56.) 80. 85. 99.
Proc. Roy. Soc. 1856/57. 8. 104—110.
Unter demselben Titel erschien der erste Teil noch einmal im
XXVI. Meet. Brit. Ass. at Cheltenham 1856. Not. 9—10.

—, —: (*9.*) On the phenomenon of relief of the image formed on the ground-glass of the camera obscura. (Rec. 17. VI. 1857.) 103.
Proc. Roy. Soc. 1856/57. 8. 569—572.

—, —: abstract by the author.
The Brit. Journ. of Phot. 1857. 4. Nr. 52. 176 bis 177. (15. VIII. 57.)

Claudet, A.: (*10.*) On the stereomonoscope, a new instrument by which an apparently single picture produces the stereoscopic illusion. (Rec. 10. III. 1858.) 104.

Proc. Roy. Soc. 1857/59. **9.** 194—196.
Phil. Mag. 1858. (4) **16.** 462—463.
Phot. Journ. 1858/59. **5.** 78—79.

—, —: (*11.*) The stereomonoscope. 104/105.

Phot. News. 1858/59. **1.** Nr. 1. 3—4; Nr. 2. 14—15. (Referate) Nr. 3. 26—27. Commun. by the author vom 24. IX. 58.

—, —: (*12.*) On the means of increasing the angle of binocular instruments, in order to obtain a stereoscopic effect in proportion to their magnifying power. 127.

XXX. Meet. Brit. Ass. at Oxford 1860. Not. 61—62.
The Brit. Journ. of Phot. 1860. **7.** Nr. 122. 208—209.
Auch übersetzt unter dem Titel:

—, —: Ueber das Mittel, den Winkel binokulärer Instrumente derart zu vergrößern, daß ihre Relief-Wirkung proporzional werde ihrer vergrößernden Kraft.

Kr. Zft. f. Fot. u. Ster. 1861. **3.** 23—24.

—, —: (*13.*) On a magnifying stereoscope with a single lens. 121.

XXXVI. Meet. Brit. Ass. at Nottingham 1866. Not. 23—24.

—, —: (*14.*) A new fact relating to binocular vision. (Rcd. 20. III. 1867.) 127.

Proc. Roy. Soc. 1866/67. **15.** 424—429.
The Brit. Journ. of Phot. 1867. **14.** Nr. 384. 436—438.

—, —, stereoskopische Aufnahmen für Ch. Wheatstone 46. Sein Stereoskopeometer 78. Exzentrische Benutzung der Aufnahmeobjektive für das Brewstersche Prismenstereoskop 85. Sein Vorschlag eines Doppelfernrohrs mit erweitertem Objektivabstand 87 und seine Regel für die Homöomorphie 87/88. Tiefenänderung durch symmetrische Verschiebung der Halbbilder 91. Porrhallaxie von Doppelfernrohren 97. Regel für die Homöomorphie 97/98. Streit mit M. A. Gaudin 98. Zusammenarbeiten mit Ch. Wheatstone. Seitliche Verschiebung der Halbbilder und entsprechende Gestaltsänderung des Raumbildes 99. Vorgeschichte des Stereomonoskops 103/104, seine Ausbildung 104/105. Vorführung eines Telestereoskops 127. Bestimmung der Lokalisationsgenauigkeit 127/128.

Collen, H.: (*1.*) Earliest stereoscopic portraits. (20. III. 1854.) 46.

Phot. Journ. 1853/54. **1.** 200

Conradi, J. M.: (*1.*) Der dreyfach geartete Sehe-Strahl / In einer kurtzen doch deutlichen Anweisung zur Optica Oder Sehe-Kunst / Bey übrigen und einsamen Stunden zu Erhebung Göttlicher Weißheit und den Kunst-begierigen zur Handleitung / in etwas erwogen von — — —. 26.

Coburg, In Verlegung des Autoris. Thürnau / druckts Joh. Fridr. Regelein, 1710. (16) 120 S. kl. 4° mit .. Figurentafeln.

Crookes, W.: (*1.*) Contributions to the theory of the stereoscope. (15. V. 57.) 86.

Phot. Journ. 1856/57. **3.** Nr. 53. 249—250.
The Brit. Journ. of Phot. 1857. **4.** Nr. 46. 104.

Czapski, S.: (*1.*) Ueber neue Arten von Fernrohren für den Handgebrauch. (Vortr. im Zweigver. Berl. der d. Ges. f. Mech. u. Opt. am 4. XII. 1894.) 174. 176.

Vereinsbl. deut. Ges. f. Mech. u. Opt. 1895. **5.** 49—53; 57—58; 65—70; 73—77.

—, —: (*2.*) Ueber neue Arten von Fernrohren insbesondere für den Handgebrauch (Vortrag i. Ver. z. Bef. Gew. am 7. I. 1895). 174. 176.

Verh. Ver. Bef. Gewerbefl. 1895. 39—76. auch als S. A. unter gleichem Titel.
Berlin, L. Simion, o. J., 4° 40 S. mit 22 Textfig.
Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1896. **17.** 1—3; 11—14; 21—23; 31—34; 41—43; 51—55.

—, — und W. Gebhardt: (*3.*) Das stereoskopische Mikroskop nach Greenough und seine Nebenapparate. (Eing. am 29. IX. 1897.) 184. 186.

Zft. f. wiss. Mikrosk. 1897. **14.** 289—312.

—, —: (*4.*) Ueber Tiefenmessungen mit Hilfe des stereoskopischen Sehens. Bemerkungen zu der Berichtigung Suum cuique des Herrn Dr. Hegg in Bern. 172. 180. 185.

Arch. f. Augenheilk. 1903. **47.** 86—95.

—, —: (*5.*) Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. 2. Aufl. unter Mitwirkung des Verfassers und mit Beiträgen von M. von Rohr herausgegeben von O. Eppenstein. 210. 218.

Sonderabdruck aus A. Winkelmanns Handbuch der Physik, Leipzig, J. A. Barth, 1904. Bd. 6. 1—479.
Leipzig, J. A. Barth, 1904. gr. 8° XVI. 479 S. mit 176 Textfig.

—, —, Rechtläufigkeit der optischen Abbildung 14. Beginn des Interesses für die durch Doppelfernrohre vermittelte Raumanschauung 176. Theorie des Greenoughschen Doppelmikroskops. Einführung der Blenden in den Knotenpunkt. Konstruktion eines Hornhautmikroskops. 186.

Czermak, J.: (*1.*) Notiz über die laryngoskopischen Fotografien und über das Mikrostereoskop. (Nach den Wien. Ber. 1862. **46.** 5.) 121.

Kr. Zft. f. Fot. u. Ster. 1862. **5.** 138—140

Czermak, P.: (*1.*) Stereoskopbilder mit Röntgen-Strahlen. (Phot. Arch. 1896.) 166.

Int. phot. Mtsschr. f. Med. u. Natw. 1896. S. 248—250.

D.

Dancer, J. B.: (*1.*) On the stereoscope (Read at the Manch. Phot. Soc. 10. I. 56.) 79.

Phot. Not. 1856. **1.** Nr. 5. 36—39.

—, —: On stereoscopic photography. 79.
Phot. Not. 1856. **1.** Nr. 8. 109. (17. VII.)

Daubresse, A.: (*1.*) s. u. H. L. Huet (*1.*). 177.

Die Angabe von A. Daubresse als Erfinder geht auf S. Czapski (*5. 429.*) zurück; die englische Patentschrift zeigt diesen Namen nicht.

Davidson, M.: (*1.*) Stereoscopic Röntgen rays. 166.

The Brit. Journ. of Phot. 1899. **46.** Nr. 2046. 452.

de Grousilliers, H., Konstruktion eines stereoskopischen Entfernungsmessers 180.

de Haldat, Ch. N. A.: (*1.*) Expériences sur la double vision. (XI. 1806.) 32.

Journ. de Phys., de Chimie . . . 1806. **63.** 387—401.

—, —, Versuche zur binokularen Mischung von Pigmentfarben 32. 57.

de la Blanchère, H.: (*1.*) Monographie du stéréoscope et des épreuves stéréoscopiques. 117. 118.

Paris, Amyot, o. J. [1860]. 330 S. kl. 8° mit 65 Textfiguren.

de la Rue, Warren: (*1.*) Report on the present state of celestial photography in England. 101. 102.

XXIX. Meet. Brit. Ass. at Aberdeen 1859. 130—153.

—, —, Konstruktion eines modifizierten Wheatstoneschen Spiegelstereoskops für ein homöomorphes Raumbild des Mondes. Planeten- und Sonnenaufnahmen 102.

de Marre, J.: (*1.*) Des instruments pour la mesure des distances. (Extrait du mémorial de l'artillerie de la marine.) 177.

Paris, Ch. Tanera, 1880, 320 S. 8° mit 92 Textfig. und einem Tafelatlas.

Descr. Abkürzung für: Descriptions des machines et procédés etc.

Anfang des Titels der verschiedenen Serien der französischen Patentsammlung.

Desprats, . . (l'abbé): (*1.*) Une chambre stereoscopique. 79.

La Lum. 1855. **5.** 52 vom 31. III.
Siehe auch die Bemerkungen von D. van Monckhoven ebenda 60. vom 14. IV.

Dickson, W. K.-L.: (*1.*) Improvements in apparatus for taking stereoscopic photographs and for exhibiting the same. 169.

E. P. 6794^{99} vom 29. III. 1899.
Siehe auch unter dem Titel:

—, —, Stereoscopic photographs: A new method of taking and exhibiting them.
The Lant. Rec. 1899. 54—55.

Dircks, H. and Pepper, J. H.: (*1.*) Improvements in apparatus to be used in the exhibition of dramatic and other like performances. 136.

E. P. 326^{63} vom 5. II. 1863.

Dollondsche achromatische Einzelfernrohre nach holländischem Typus 35.

Donas, J. B.: (*1.*) A new optical instrument which I call physioscop. 89.

E. P. 2871^{57} vom 16. XI. (Prov. Spec.)

Dove, H. W.: (*1.*) Ueber die Combination der Eindrücke beider Ohren und beider Augen zu einem Eindruck. (29. VII. 41.) 44.

Berl. Ber. 1841. 251—252.

—, —: (*2.*) Ueber das Binocularsehen prismatischer Farben und eine neue stereoskopische Methode (27. V.). 57.

Berl. Ber. 1850. 152—154.
Pogg. Ann. 1850. **80.** 446—448.

—, —: (*3.*) Beschreibung mehrerer Prismenstereoskope und eines einfachen Spiegelstereoskops. (28. IV.) 54. 60. 62.

Berl. Ber. 1851. 246—252.
Pogg. Ann. 1851. **83.** 183—189. (Das ist kein ganz vollständiger Abdruck.)
Auch übersetzt unter dem Titel:

—, —: Description of several prism-stereoscopes, and of a simple mirror-stereoscope.
Phil. Mag. 1851. (4) **2.** 29—33 (Juli-Heft).

—, —: (*4.*) Ueber die Ursache des Glanzes und der Irradiation, abgeleitet aus chromatischen Versuchen mit dem Stereoskop. 92.

Berl. Ber. 1851. 252—264.
Pogg. Ann. 1851. **83.** 169—183.
Siehe auch den ausführlichen Auszug von J. Tyndall:

—, —: On the stereoscopic combination of colours, and on the influence of brightness on the relative intensity of different colours.
Phil. Mag. 1852. (4) **4.** 241—246. (Okt.-Heft.)

—, —: (*5.*) Das Reversionsprisma und

seine Anwendung als terrestrisches Ocular und zum Messen von Winkeln. 62.
Pogg. Ann. 1851. **83.** 189—194.
Auch übersetzt unter dem Titel:

Dove, H. W.: The reversion-prism, and its application as ocular to the terrestrial or day-telescope, and to the measurement of angles.
Phil. Mag. 1851. (4) **2.** 26—29. (Juli-Heft.)

—, —: *(6.)* Darstellung der Farbenlehre und optische Studien. 33. 60. 61. 62. 92.
Berlin, G. W. F. Müller, 1853. VIII, 288 S. gr. 8° mit 2 lith. Tafeln.

—, —: *(7.)* On some stereoscopic phaenomena. 92.
XXIV. Meet. Br. Ass. at Liverpool. 1854. Not. 9—10.

—, —: *(8.)* Ueber die von ihm gegebene Erklärung des Glanzes in Beziehung auf eine von Hrn. Brewster dagegen gemachte Bemerkung. 92.
Berl. Ber. 1855. 691—694.

—, —: *(9.)* Über Binocularsehen durch verschieden gefärbte Gläser. (26. III.) 92.
Berl. Ber. 1857. 208—211.
Pogg. Ann. 1857. **101.** 147—151.

—, —: *(10.)* Über die Unterschiede monocularer und binocularer Pseudoskopie. (26. III.) 91.
Berl. Ber. 1857. 221—226.
Pogg. Ann. 1857. **101.** 302—308. (Dieser Abdruck umfaßt auch die folgende Arbeit.)

—, —: *(11.)* Darstellung von Körpern durch Betrachtung einer Projection derselben vermittelst eines Prismenstereoskop. (Sitz. vom 28. V.) 91.
Berl. Ber. 1857. 291.

—, —: *(12.)* Über den Einfluß des Binocularsehens bei Beurteilung der Entfernung durch Spiegelung und Brechung gesehener Gegenstände. (Sitz. v. 20. V.) 91.
Berl. Ber. 1858. 312—315.
Pogg. Ann. 1858. **104.** 325—329.

—, —: *(13.)* Stereoskopische Darstellung eines durch einen Doppelspath binocular betrachteten Typendruckes. (Sitz. v. 28. III.) 91.
Berl. Ber. 1859. 278—280.
Pogg. Ann. 1859. **106.** 655—657.
Auch übersetzt unter dem Titel:

—, —: Stereoscopic representation of print as it appears when viewed with both eyes through double-refracting spar.
Phil. Mag. 1859. (4) **17.** 414—415 (Juni-Heft).
Phot. Journ. 1858/59. **5.** 294—297.

Dove, H. W.: *(14.)* Über Anwendung des Stereoskops um einen Druck von seinem Nachdruck, überhaupt ein Original von seiner Copie zu unterscheiden. (Sitz. v. 28. III.) 91. 128.
Berl. Ber. 1859. 280—288.
Pogg. Ann. 1859. **106.** 657—660.
Auch übersetzt unter dem Titel:

—, —: On the application of the stereoscope to distinguish prints from reprints, or generally originals from copies.
Phil. Mag. 1859. (4) **17.** 415—417. (Juni-Heft.)
Phot. Journ. 1858/59. **5.** 297—298.

—, —: *(15.)* Ueber die Nichtidentität der Abgüsse verschiedener Metalle in derselben Form. (Sitz. vom 23. II.) 128.
Berl. Ber. 1860. 87.

—, —: *(16.)* Optische Notizen: 2) Ueber flatternde Herzen. 128.
Pogg. Ann. 1860. **110.** 286—290.

—, —: *(17.)* Ueber die Nichtidentität der Größe der durch Prägen und Guss in derselben Form von verschiedenen Metallen erhaltenen Medaillen. 128.
Pogg. Ann. 1860. **110.** 498.
Kr. Zft. für Fot. u. Ster. 1861. **3.** 33—34.
Auch übersetzt unter dem Titel:

—, —: On the difference in size of medals of different metals obtained by stamping, and by casting in the same mould.
Phil. Mag. 1860 (4) **20.** 327. (Oct.-Heft.)

—, —: *(18.)* Ueber Binocularsehen und subjective Farben. (Sitz. vom 30. V. 61.) 128.
Berl. Ber. 1861. 521—525.
Ann. Phys. 1861. **114.** 163—168.
Kr. Zft. f. Fot. u. Ster. 1861. **4.** 161—163.

—, —: *(19.)* Optische Notizen. (21. II.) 128.
Berl. Ber. 1867. 80—89.
Ann. Phys. 1867. **131.** 651—655; **132.** 474—479.

—, —, stereoskopische Beobachtung an einem Hohlspiegel 33. Widerspruch gegen E. Brücke. Möglichkeit einer stereoskopischen Beobachtung im indirekten Sehen und Versuche zur Farbenmischung 44. Prioritätsfrage zwischen ihm und Sir David Brewster 53/54. 60. Weitere Farbenmischungsversuche 57/58. Fernrohrstereoskop 58. Theorie dafür 58—60. Prismen- und Spiegelstereoskope 60—62. Entkörperung einer Säule 60. Reversionsprisma 61/62. Spiegelstereoskop mit maßstabsverschiedenen Halbbildern 62. Stellungnahme gegen Ch. Wheatstone 91. Weitere Farbenmischungsversuche und seine Theorie des Glanzes 92—93. Die letzten Arbeiten: zum Nachweis geringfügiger Abweichungen mittels binokularerBeobachtung. Zur Chromasie des Auges 128.

Drouin, F.: (*1.*) Le stéréoscope et la photographie stéréoscopique. 167.
Paris, Ch. Mendel, 1894. (1) 191 (1) S. kl. 8° mit 104 Textfig. u. 3 Tfln.
Auch übersetzt unter dem Titel:
—, —: The stereoscope and stereoscopic photography. From the French of F. Drouin Translated by Matthew Surface.
Bradford, Percy Lund & Co., o. J. [1897] 179 S. 8° mit 104 Textfig. u. 3 Tfln.

—, —: (*2.*) Sur une forme particulière de stéréoscope. 167. 168.
Bull. Belg. Phot. 1895. (3) **2.** 649—651.
Auch übersetzt unter dem Titel:
—, —: Eigentümliche Form eines Stereoskop-Apparates.
Phot. Corr. 1896. **33.** Nr. 427. 163—164.

—, —: (*3.*) Stéréoscope à double réflexion totale. (Soc. Franç. de Phot. 4. XII. 1896.) 168.
Bull. Soc. Franç. Phot. 1897. (2) **13.** 73—80.

Drüner, L.: (*1.*) Ueber Mikrostereoskopie und eine neue vergrößernde Stereoskopcamera. (Mit 1 Taf. und 1 Textfig.) (Eingeg. 17. X. 1900). 186.
Zft. f. wiss. Mikrosk. 1900. **17.** 281—293.

—, —, s. a. unter H. Braus 186.

Duboscq, J.: (*1.*) Stéréoscope de M. Brewster exécuté par M. Duboscq. 57.
C. R. 1850. **31.** 895—896 vom 30. XII. 50.

—, —: (*2.*) s. auch unter F. Moigno (*2.*), 62. 63.

—, —: (*3.*) Une nouvelle disposition de stéréoscope. 71.
Br. Fr. 13069 vom 16. II. 1852 dazu die folgenden Nachträge (Certificats d'addition) vom 23. III. 52; 17. V. 52 (darin die Erwähnung der stereoskopischen Wippe) 12. XI. 52. 16. VIII. 54. [Descr. (2) **22.** 352—357] ferner weitere Nachträge vom 24. V. 56. 31. X. 56. [Descr. (2) **34.** 416—417.]

—, —: (*4.*) L'Optique stéréoscopique. 63.
Cosmos. 1854. **4.** 33—35.

—, —: (*5.*) Note sur une nouvelle disposition de stéréoscope à prismes réfringents, à angle variable et lentilles mobiles. 63.
C. R. 1857. **44.** 148—150. (26. I.)

—, —: (*6.*) Divers stéréoscopes. 63.
Bull. Soc. Franç. Phot. 1857. **3.** 65—66. (20. II.)

—, —: (*7.*) Sur le stéréoscope. 63.
Bull. Soc. Franç. Phot. 1857. **3.** 74—78.

—, —: (*8.*) Neueste Verbesserungen am Stereoskop, von dem Optiker Duboscq in Paris. 63.
Dingl. Journ. 1858. **147.** 358—362.
Bull. Soc. d'Enc. Nov. 1857. 707— . . .

—, —, Ausführung des Brewsterschen Prismenstereoskops 57. 62. der Doveschen Form für Projektionsvorführungen und für unzerschnittene Stereogramme. Stereoskop für übereinander angeordnete Bilder. Sonstige Neuerungen 63. Seine Bedeutung für die Entwicklung des Stereoskops 64. Seine stereoskopische Wippe 71.

Duhauron [Ducos, L.]: (*1.*) Estampes, photographies et tableaux stéréoscopiques produisant leur effet en plein jour sans l'aide du stéréoscope. 162.
Br. Fr. 216465 angem. am 15. IX. 1891.

—, —, assignor to Eugène Demole of Geneva: (*2.*) Stereoscopic print. 162.
U. S. P. 544666 dated 20. VIII. 1895, Appl. filed 19. IX. 1894. Patented in France 15. IX. 1891. Nr. 216465.
Siehe auch:
Unsere Kunstbeilage.
Deut. Phot. Ztg. 1894. **18.** 176—177.

E.

Eder, J. M. und E. Valenta: (*1.*) Weitere Versuche mit Röntgen'schen Strahlen der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproduktionsverfahren in Wien. 166.
Phot. Corr. 1896. **33.** Nr. 426. 126—127. (Märzheft.)

—, —, Angaben zu dem Voigtländerschen Patent 34.

Elliot, J.: (*1.*) The stereoscope. 69.
Phil. Mag. 1852. (4) **3.** 397 und auch 478.

—, —: (*2.*) The telescopic stereoscope. (12. XII. 56.) 86.
Phil. Mag. 1857. (4) **13.** 78; 104—108; 218—219.

—, —, frühe stereoskopische Zeichnungen 69/70. Nacherfindung des Brewsterschen Fernrohrstereoskops 86.

Emerson, Ed.: (*1.*) On the perception of relief. 96.
The Brit. Journ. of Phot. 1863. **10.** Nr. 181. 10—11.
Phot. Not. 1863. **8.** Nr. 170. 111—113.

—, —: (*2.*) The Chimenti pictures: a reply to Sir David Brewster. 96.
The Brit. Journ. of Phot. 1864. **11.** Nr. 211. 111—112; Nr. 212. 132—133; Nr. 214. 167—169; Nr. 216. 202—204.

—, —, Prismenstereoskop mit verschiebbaren achromatischen Linsen 125.

F.

Faye, H.: (*1.*) Sur un nouveau système de stéréoscope (6. X.) 85.
C. R. 1856. **43.** 674—675.
Bull. Soc. Franç. Phot. 1856. **2.** 321—322.

Fizeau, H. L., stereoskopische Aufnahmen für Ch. Wheatstone 46.

Förster, W., Anregung zur Plattenvergleichung im Stereoskop 161.

Forrest, J. A.: (*1.*) History of the ear-

liest successful experiments on lunar photography in England. 101.
The Brit. Journ. of Phot. 1863. 10. Nr. 191. 225—226.

Fritsch, K., vormals Prokesch: (1.) Neues Doppelfernrohr mit kontinuirlich veränderlicher Vergrösserung. 178.
Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1898. 19. 61—62.

G.

Gaudin, M. A.: (1.) Appareil à objectifs jumeaux pour épreuves stéréoscopiques. Inventé par M. QUINET. — Brev. d'inv. (s. g. d. g.) 78.
La Lumière 1853. 3. 83—84 vom 21. V.

—, —: (2.) Diskussion mit A. F. J. CLAUDET. 98.
La Lum. 1853. 3. 194. vom 3. XII.; 205—206 vom 24. XII.; 1854. 4. 10 vom 21. I.; 23—24 vom 11. II.

Gebhardt, W. (1.) s. u. S. CZAPSKI (3.). 184. 186.

Goltzsch, H.: (1.) Vorschläge zur Verbesserung der Stereoscopenbilder. 151.
Phot. Mitth. 1877/78. 14. 43—45.

—, —: (2.) Binoculares Mikroskop. 151. 152.
CARL's Rep. 1879. 15. 653—656.

—, —: (3.) Astronomisches Doppel-Fernrohr. 152. 153. 174.
Zft. f. Instrkde. 1881. 1. 105—111; 245—250.

—, —: (4.) Binoculares Mikroskop. 153.
CARL's Rep. 1882. 18. 27—32.
Zft. f. Instrkde. 1882. 2. 225—226.

—, —: (5.) Die Neugestaltung des Stereoscops, eine Notwendigkeit. 152.
EDER's Jahrb. 1890. 4. 101—108.

—, —, Okularkonstruktionen für sein Binokularmikroskop 152, und seinen astronomischen Doppeltubus 153.

Goulier sches Pentagonalprisma 177/178.

Govi, G.: (1.) Sur l'inventeur des lunettes binoculaires (27. IX.). 24.
C. R. 1880. 91. 547—548.

Greenough sches orthomorphes Mikroskop, Darstellung seiner Entstehung 184. 185.

Grubb, H.: (1.) Binocular aberrations. 143.
The Brit. Journ. of Phot. 1873. 20. Nr. 669. 100—101.

—, —: (2.) Improvements in the stereoscope. (Read bef. Roy. Dubl. Soc. 21. I. 1879.) 143.
The Lant. Rec. 1898. 42—45. (Die dort angegebene Jahreszahl 1878 beruht wohl auf einem Irrtum.)
Der letzte Teil des Vortrags ist schon früher — zum Teil mit andern Illustrationen — abgedruckt worden unter dem Titel:
—, —: On some new forms of stereoscopes.
The Brit. Journ. of Phot. 1879. 26. Nr. 980. 74—75.

Grubb, H., Streit mit TH. SUTTON 142/143. Aufführung verschiedener älterer Stereoskope 143. 144. Sein Spiegelstereoskop 144.

Grubb, Th., Streit mit TH. SUTTON 142/143.

Guilloz, Th.: (1.) Dispositif pour l'examen fluoroscopique stéréoscopique. 167.
Congrès de Radiol. et d'Electrol. Paris 1900. (Nicht eingesehen. v. R.)

—, —: (2.) De l'examen stéréoscopique en radiologie et des illusions dans l'appréciation du relief (2. VI.). 167.
C. R. 1902. 134. 1303—1305. für (1.) s. a. 134. 756.

Gullstrand, A., Behandlung des Auges im direkten Sehen 3.

H.

Hardie, W.: (1.) Description of a new pseudoscope. (7. III. 53.) 81.
Phil. Mag. 1853. (4) 5. 442—446.

—, —: (2.) An improved stereoscope. 89.
E. P. 2827 [57] vom 9. XI. 1857. (Prov. Spec. only).

—, —: (3.) The telestereoscope. (12. I.) 82. 88. 127.
Phil. Mag. 1858. (4) 15. 156—157.

—, —: (4.) On a method of drawing a stereoscopic duplicate of a single picture. 27. IV. 1860.) 105.
Phot. Journ. 1859/60. 6. 279—282.
Auch übersetzt unter dem Titel:
—, —: Zeichnen eines stereoskopischen Duplikats nach einem einfachen Bilde.
Kr. Zft. f. Fot. u. Ster. 1861. 3. 27—32.

—, —, mangelhaftes Verständnis seiner Pseudoskope. Ihre Verwendung als Stereoskope 82. Prioritätsreklamation gegen H. HELMHOLTZ 88.

Hardweiler, ..: (1.) Les jumelles dyalitiques (!). 37.
Br. Fr. 20694 v. 4. IX. 1854. Descr. (2) 40. 266.

Hare, G., Ausführung des WARNER schen Stereoskops 125.

Harmer, J.: (1.) Stereoscopic effect on the screen. 158.
The Brit. Journ. of Phot. 1879. 26. Nr. 1023. 589—590.

—, —: (2.) On measuring the height of clouds and the intervals of their strata by means of photography and the stereoscope. 158.
Brit. Journ. Alm. 1881. 146—147.
Dieser Almanach erscheint regelmäßig im Spätherbst vor dem Publikationsjahre.

—, —: (3.) Application of stereoscopic

photography to the science of meteorology. 158.
Phot. News 1881. **25.** Nr. 1176. 126—127. (vom 18. III. 1881).

Harmer, J.: (*4.*) Stereoscopic work. 119. 158.
The Brit. Journ. of Phot. 1882. **29.** Nr. 1177. 670—672.

—, —: (*5.*) On the use of the stereoscope and its scientific application. 160.
The Brit. Journ. of Phot. 1887. **34.** Nr. 1403. 182—183; Nr. 1404. 213—214.

—, —: (*6.*) Binocular vision and astronomical photography. 119. 160.
The Brit. Journ. of Phot. 1892. **39.** Nr. 1678. 425—426.

—, —, große Sorgfalt bei der Herstellung stereoskopischer Glasbilder 119. 158. Stereoskopisches Meßverfahren mit fester, empirisch konstruierter und ausgewerteter Skala 158—159. Vergleichung zweier Photogramme von Sternbildern und Sternspektren im Stereoskop. Anwendung starker Vergrößerungen für solche Vergleichungen 160.

Harris, J.: (*1.*) A treatise of optics: containing elements of the science; in two books. 30. 31.
London, B. White, 1775. (6) 282 S. 4° mit 123 + 110 Fig. auf Kupfertafeln.

—, —, Versuche zur Entfernungsbestimmung und zur Theorie des Sehens mit beiden Augen. Stereoskopische Versuche mit Hohlspiegeln und Linsen 31.

Harting, P.: (*1.*) Het Mikroskoop, deszelfs Gebruik, Geschiedenis en Tegenwordige Toestand. 62.
Utrecht, van Paddenburg & Co., 1848. 3 Bde. 8° mit 1293 S. u. 347 Fig. auf 18 Tafeln.

Harting-Dove sches Reversionsprisma 61. 62.

Hartnup, . . ., erste stereoskopische Mondaufnahmen gemeinsam mit J. A. Forrest 101.

von Hefner-Alteneck, Fr., Mitteilungen über H. de Grousilliers 180.

Heine, L., hohe Einstellgenauigkeit 181.

Heisch, Ch.: (*1.*) On the improvement of Nachet's stereo-pseudoscopic binocular microscope. (Read 13. V. 1868.) 116.
Trans. Roy. Micr. Soc. 1868. (2) **16.** 111—113.

Helmholtz, H.: (*1.*) Das Telestereoskop. (Vorgetr. Sitzg. niederrhein. Ges. Nat. u. Heilkde. 10. VI. 1857.) 86. 87.
Pogg. Ann. 1857. **101.** 494—496 (vorl. Bericht) 1857. **102.** 167—175.
Auch übersetzt unter dem Titel:
—, —: On the telestereoscope.
Phil. Mag. 1858. (4) **15.** 19—24.

—, —: (*2.*) Handbuch der physiologischen Optik. 33. 87. 103. 124. 137. 138. 145.
Bd. IX der Karsten schen Allg. Encycl. d. Physik. Leipzig, L. Voss, 1867. gr. 8° XIV, 874 (1) S. Mit 213 Textfig. u. 11 Tfln.
Das Werk erschien in 4 Teilen 1856 [bis S. 336], 1860 [bis S. 432], Anfang 1866 [bis 656 aller Wahrscheinlichkeit nach] und Ende 1866, so daß die hier interessierenden Teile nicht vor 1866, zum Teil sogar erst gegen Ende dieses Jahres veröffentlicht waren.

Helmholtz, H., stereoskopische Beobachtungen an einem Hohlspiegel 33. richtige Theorie des Telestereoskops und ihre Abänderung 87. Konstruktion eines Wheatstone schen Linsenstereoskops mit zwei Brennweiten 124/125. Historische Behandlung des Stereoskops. Theorie des Raumbildes. Porrhallaxie. Reliefbilder. Behandlung der Brillen, des Telestereoskops 137, des binokularen Mikroskops nach A. Nachet, des Stereoskops, der Entfernungswahrnehmung 138.

Henderson, J.: (*1.*) Photography and the stereoscope. [Read at meet. Liverp. Amat. Phot. Ass. 25. IV. 1871.] 142.
The Brit. Journ. of Phot. 1871. **18.** Nr. 573. 195—196.

Hering, E.: (*1.*) Ueber die Grenzen der Sehschärfe. (Vorgetr. 4. XII. 1899; Manuscr. eingel. 13. I. 1900.) 128. 181. 182.
Leipz. Ber. 1900. 16—24.

Hermagis, . . ., Konstruktion eines Wheatstone schen Linsenstereoskops 117.

Herschel, A. S., Reklamation des Telestereoskops mit Fernrohrvergrößerung 103.

H[erschel, Sir] John F. W.: The stereoscopic angle. (Collingwood, 6. XI. 1858.) 102.
Phot. News 1858. **1.** Nr. 10. 110.

—, —: (*2.*) The telescope (From the Encyclopaedia Britannica). 103.
Edinburgh, A. and Ch. Black, 1861, VII, 190 S. kl. 8° Textfig. 1—29 b.

Hessemer, J. M: (*1.*) Ueber die Anfertigung stereoskopischer Bilder. 106.
Dingl. Polyt. Journ. 1856. **139.** 111—121, mit 2 Figurentafeln.

Hill, H. H.: (*1.*) Optical instrument. 170.
U. S. P. 607171 dated 12. VII. 1898. Appl. filed 7. VI. 1897.
Siehe auch die Besprechung:
Stereoscopic effect (?) from single photographs.
The Brit. Journ. of Phot. 1898. **45.** Nr. 2003. 618.

Hirth, G.: (*1.*) Vorführung des neuen grossen Relief-Standfernrohres aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss in Jena. 176.
(Vortr. geh. am III. Intern. Psych. Kongr. in München am 5. VIII. 96.)
Erschien auch als S.-A. 3 S.

Holmes, O. W., Erfindung des amerikanischen Stereoskops 125.

Hueck, A.: (*1.*) Ueber die Täuschung des Fernrückens der Gesichtsobjecte. 45.
Müller's Arch. 1840. 76—81.

Huet, H. L.: (*1.*) Improvements in optical instruments. 177. 178.
E. P. 14102^{97} vom 9. VI. 1897. veröff. 30. IV. 1898.

Hugel, Th.: (*1.*) Darstellung von Stereoskopbildern mit Hülfe orthogonaler Coordinaten. 149.
Progr. Gewerbesch. zu Neustadt a. d. H. 1876. Darmstadt, G. OTTO, 4°. 13 S. mit 33 Stereogrammen und 2 Diagrammen.
Im Buchhandel auch unter dem Titel:

—, —: Die Stereoskopie gestützt auf orthogonale Coordinaten.
Neustadt a. d. H., A H. GOTTSCHICK-WITTER. 1876. 4°.

—, —: (*2.*) Einiges über Stereoskopie. 150.
CARL's Rep. 1877. **13.** 268—284.

—, —, mathematische Behandlung der Natur des Raumbildes bei chiastozentrischer Anordnung der Halbbilder 149. Farbige Halbbilder. Kampf zwischen Wahrnehmung und Erfahrung 150.

J.

Janin de Combe Blanche, J., Versuche über binokulare Farbenmischung 32.

Javal, E.: (*1.*) Sur un instrument nommé „iconoscope“ destiné à donner du relief aux images planes examinées avec les deux yeux. 83. 137.
C. R. 1866. **63.** 927—928.

Jeanne, . ., s. unter C. **Nachet** (*1.*).

Jones, Th. Wh.:. (*1.*) Stereoscopic glasses for single pictures. 123.
E. P. 1450^{59} vom 16. VI. (prov. spec.), vom 29. XI. (compl. spec.).
Siehe auch:
Ph. Journ. 1860 62. **7.** 45.

—, —: (*2.*) On the invention of stereoscopic glasses for single pictures, with preliminary observations on the stereoscope and on the physiology of stereoscopic vision. 123.
London, JOHN CHURCHILL, 1860. 31 S. 8°.
Siehe auch die Besprechung:
Scientific gossip.
Phot. News 1860. **4.** Nr. 105. 219—220.

Junk, W., Bemerkung zu F. LASSERÉ 23.

Jurin, J., stereoskopischer Versuch 30.

K.

Kircher, A.: (*1.*) Ars magna lvcis et vmbrae in decem libros digeſta qvibvs admirandae lvcis et vmbrae in mundo, atque adeò vniuersa natura, vires effectuſq. vti noua, ita varia nouorum reconditiorumq. ſpeciminum exhibitione, ad varios mortalium vſus, panduntur. 26.
Romae, Sumptibus HERMANNI SCHEUS. 1646. Ex Typographia LUDOVICI GRIGNANI. (40), 944, (15) S. fol. mit Kupfertafeln und Textfiguren.

Kircher, A., Erklärung des Ausdrucks „Spiegelfechten“. Stereoskopisches Experiment 26.

Knight, G.: (*1.*) On a stereoscopic cosmoramic lens. 84.
XXIV. Meet. Br. Ass. at Liverpool 1854. Not. 70.

—, —: Cosmorama stereoscope.
The Brit. Journ. of Phot. 1855. **2.** Nr. 13. 9.

Köhler, A., homöomorphes Stereoskop zur DRÜNERschen Camera 186. 187.

Krause, . .: (*1.*) Stereoskopaufnahmen mit einem Objektiv. 163.
Phot. Mitt. 1893/94. **30.** 76—77.

Kreutzer, K., seine Bedeutung für die Stereoskopie im deutschen Sprachgebiet 133.

Kummell, Chas. H.: (*1.*) Can the parallax of fixed stars be made perceptible? A suggestion to astronomers. 160.
A. N. 1887. **117.** Nr. 2799. 247—248.

L.

Lacombe, E. und L., Herstellung des BOULANGERschen Doppelfernrohrs 173.

Lafleur, . .: (*1.*) Une jumelle à système rectificateur applicable aux stéréoscopes. 37.
Br. Fr. 18818 vom 17. II. 1854. Desc. (2) **36.** 21—22.
Es handelt sich um gesonderte Einstellung beider Rohre.

Lambert, J. H.: (*1.*) Optiſche Betrachtungen von J. J. (!) Lambert, aus deſſen hinterlaſſenen franzöſiſchen Handſchrift überſetzt*). 31. 32.
Arch. d. rein. u. angew. Math. (von Carl Friedrich Hindenburg) 1799. H. 9. . . — . .
*) Dieſen Aufſatz hat Lambert im (!) Mainz 1771 niedergeſchrieben. B.

—, —, stereoskopischer Versuch mit einer Linse 32.

Lasseré, F., Laiennamen von CHÉRUBIN D'ORLÉANS 23.

Le Conte Stevens, W.: (*1.*) Stereoscope. 157.
U. S. P. 262846 dated 15. VIII. 1882; appl. filed 23. III. 1882.

Lemière, J. Ph.: (*1.*) Des lorgnettes de spectacle doubles, à tirage parallèle, appelées lorgnettes jumelles. 35.
Brevet d'importation et de perfectionnement . . . . vom 28. IV. 1825. Descr. **19.** 272—275.

Lenard, Ph., Versuch, die Planetoiden durch Plattenvergleichung im Stereoskop zu ermitteln 160/161.

l'Hermitte s. u. **Luquin.** 173.

M.

N.

Br. Fr. vom 5. II. 1863, zweiter Nachtrag zu 17716 auf das stereo-pseudoskopische Mikroskop. Descr. (2) 45. 295.

Nachet C. S.: (*3.*) s. a. unter W. B. Carpenter (*2.*) 116.
„ „ „ Ch. Heisch (*1.*) 116.
C. S. Nachet ist der Name der Firma; der Erfinder ist Alfred Nachet.

Nachet, C. & Jeanne ..: (*1.*) Une jumelle prismatique. 173.
Br. d'inv. 109232 vom 14. VIII. 1875, ang. 6. XI. 1875.

Norman, G.: (*1.*) Stereoscopic pictures (25. VIII. 55). 103.
Phot. Journ. 1854/56. 2. 230—231.

O.

Oppel, J. J.: (*1.*) Ueber die Entstehung des Glanzes bei zweifarbigen, insbesondere bei schwarzen und weißen stereoskopischen Bildern. 93.
Jahr. Frankf. Ver. 1853—54. 52—55.

—, —: (*2.*) Nachträgliche Bemerkungen zur Stereoskopie, ins Besondere zur Erklärung des Glanzes zweifarbiger Bilder. 93. 107.
Jahr. Frankf. Ver. 1854—55. 33—37.
Auch abgedruckt unter dem Titel:
—, —: Bemerkungen zur u. s. w.
Pogg. Ann. 1857. 100. 462—466.

—, —: (*3.*) Notizen über Stereoskopie, insbesondere über eine einfache, vergrößernde Modification des Stereoskops ohne Spiegel und Gläser. 107/108.
Jahr. Frankf. Ver. 1855—1856. 37—56.

—, —: (*4.*) Ueber das „Glitzern", eine eigenthümliche Art des Glanzes und die stereoskopische Nachahmung desselben. 93.
Jahr. Frankf. Ver. 1856—1857. 56—62.

—, —: (*5.*) Ueber das Einfachsehen doppelter Bilder bei gekreuzten Augenaxen, ins Besondere über eine einfache, verkleinernde Modifikation des Stereoskops ohne Spiegel und Gläser. 108.
Jahrb. Frankf. Ver. 1858—59. 22—38.

—, —, Verwendung der stereoskopischen Aufnahmen zur Wiedergabe des Glanzes 93. Homöomorphe Raumbilder nur für das direkte Sehen 107. Identische Halbbilder im Stereoskop 107 bis 108. Nacherfindung linsenloser Stereoskope. Folgen des Übergangs von parallelen zu gekreuzten Blickrichtungen 108.

Ost, Ad.: (*1.*) Ueber Stereoskopie. 117.
Kr. Zft. f. Fot. u. Ster. 1861. 3. 180—181.

P.

Pepper, J. H. s. u. H. Dircks (*1.*) 136.

Petzval, J., Verbessserung des holländischen Fernrohrs 37.

Ponton, M., Bericht über stereoskopische Sonnenaufnahmen 102.

Prandtl, A.: (*1.*) Ein neues Instrument zum Abstecken von rechten Winkeln; 177.
Zft. f. Vermess.-wes. 1890. 19. 462—467.

Prazmowski, A., sein stereoskopisches Okular 141. 142.

Prévost, A. P.: (*1.*) Essai sur la théorie de la vision binoculaire. (Extrait.) (Der erste Vortrag ist am 15. XII. 1842 gehalten worden.) 45.
Bibl. univ. de Génève. 1843. (2) 48. 155—175. (Novemberheft.)

Pulfrich, C.: (*1.*) Über den von der Firma Carl Zeiss in Jena hergestellten stereoskopischen Entfernungsmesser. (Vortrag vor der 71. Naturforschervers. zu München am 19. IX. 1899.) 180. 181.
Phys. Zft. 1899—1900. 1. 98—104.
Auch als S.-A. in kl. 8°. 23 S.

—, —: (*2.*) Über neuere Anwendungen der Stereoskopie und über einen hierfür bestimmten Stereo-Komparator. (Mitt. aus der opt. Werkst. von Carl Zeiss.) 183.
Zft. f. Instrkde. 1902. 22. 65—81; 133—141; 178—192; 229—246.

—, —: (*3.*) Über die Konstruktion von Höhenkurven und Plänen auf Grund stereo-photogrammetrischer Messungen mit Hülfe des Stereo-Komparators. (Mitt. aus der opt. Werkst. von Carl Zeiss.) (I. 1903.) 183.
Zft. f. Instrkde. 1903. 23. 43—46.

—, —: (*4.*) Über eine neue Art der Herstellung topographischer Karten und über einen hierfür bestimmten Stereo-Planigraphen. (Mitt. aus der opt. Werkst. von Carl Zeiss.) 181. 183.
Zft. f. Instrkde. 1903. 23. 133—148. (Schluß nicht erschienen.)

—, —: (*5.*) Über einen Versuch zur praktischen Erprobung der Stereo-Photogrammetrie für die Zwecke der Topographie. (Mitt. aus der opt. Werkst. von Carl Zeiss.) 183.
Zft. f. Instrkde. 1903. 23. 317—334.

—, —: (*6.*) Über die Anwendung des Stereo-Komparators für die Zwecke der topographischen Punktbestimmung. (Mitt. aus der opt. Werkst. von Carl Zeiss.) 183.
Zft. f. Instrkde. 1904. 24. 53—57.

—, —, Ausbildung des stereoskopischen Entfernungsmessers 181 und anderer stereoskopischer Meßinstrumente 182/183.

Q.

Quetelet, A.: (*1.*) Procédés photographiques. (Sitzung vom 9. X. 1841.) 46.
Bull. Acad. Bruxelles 1841. 8. II. 160—161.

Quinet, A. M. s. unter M. A. GAUDIN (*1.*) 78.

R.

Read, W. J.: (*1.*) On the stereoscope. (11. VIII.) 99.
Phot. Not. 1856. 1. 190—191.

Reeve, L.: (*1.*) The Stereoscopic Magazine, a gallery of landscape scenery, architecture, antiquities, and natural history, [accompanied with descriptive articles by writers of eminence]. 105.
LOVELL REEVE, 5, Henrietta Street, Covent Garden. [ ] nur im Titel des ersten Bandes. Die Zeitschrift, die übrigens nur Stereogramme mit beschreibendem Text brachte, scheint 1865 aufzuhören. Sie wurde 1858 eröffnet. Siehe The Brit. Journ. of Phot. 1858. 5. Nr. 74. 180.
The Stereoscopic Cabinet von demselben Herausgeber, begann im November 1859 zu erscheinen.
Siehe The Phot. News. 1859,60. 3. Nr. 63. 126.

Ribaut, H. s. unter T. MARIE (*1.—4.*). 183.

Riddell, J. L.: (*1.*) Notice of a binocular microscope. (1. X. 1852.) 70.
Sill. Journ. 1853. (2) 15. (Januar-Nr.) 68 und (für die Figur) 143.

—, —: (*2.*) Binocular microscope. (25. V. 1853.) 72.
Quart. Journ. Micr. Soc. 1853. 1. 304—305.

—, —: (*3.*) On the binocular microscope. (Read before the Amer. Ass. Advanc. Sc. 30. VII. 1853.) 72. 73.
Quart. Journ. Micr. Soc. 1854. 2. 18—24.
Siehe dazu auch:
RIDDELL's binocular compound microscope.
Journ. Roy. Micr. Soc. 1885 (2) 5. Part 2. 1059—1060, mit 2 Fig.

—, —: (*4.*) Match photographs, or camera lucida drawings of microscopic objects for the stereoscope, made by means of the ordinary monocular microscope. (New Orleans Med. and Surg. Journ.) 73.
Quart. Journ. Micr. Sc. 1854. 2. 290—291.

Rogers, W. B.: (*1.*) Observations on binocular vision. (Vom VII. 55 bis zum III. 56.) 106.
Sill. Journ. 1855. (2) 20. 86—98; 204—220; 318—335; 1856. (2) 21. 80—95; 173—189.

von Rohr, M.: (*1.*) Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. 97.
Berlin, J. SPRINGER, 1899. 8°. XX, 436 S. mit 148 Textfig. und 4 Tfln.

—, —: (*2.*) Das Sehen. 8. 10. 11. 182. 186. Siehe u. S. CZAPSKI (*5. 270—295*).

—, —: (*3.*) On stereoscopic experiments in the eighteenth century. 30.
The Br. Journ. of Phot. 1904. 51. Nr. 2301 (Jubilee number) 491—492.
Br. Journ. Alm. 1905. 874—877.

—, —: (*4.*) Die Theorie des Doppelveranten, eines Instruments zur korrekten Betrachtung von Stereogrammen und Paaren identischer Bilder. (Mit 5 Fig. im Text; eingeg. d. 16. IX. 04). 50.
Zft. f. wiss. Phot. 1904. 2. 336—351.

—, —: (*5.*) Über perspektivische Darstellungen und die Hülfsmittel zu ihrem Verständnis. 27. 91. 123. 133. 137. 151.
Zft. f. Instrkde. 1905. 25. 293—305; 329—339; 361—371, mit 11 Textfig.

— —: (*6.*) Die beim beidäugigen Sehen durch optische Instrumente möglichen Formen der Raumanschauung. (Eingel. am 3. XI. 1906. (Mit 18 Textfig. u. 1 Taf.) 14.
Münch. Ber. 1906. 36. 487—506.

—, —: (*7.*) Über Einrichtungen zur subjektiven Demonstration der verschiedenen Fälle der durch das beidäugige Sehen vermittelten Raumanschauung. (Eingeg. am 24. XII. 1906.) 82. 122.
Zft. f. Sinnesphys. 1907. 41. 408—429. (Mit 11 Textfig.)

—, —, Raumvorstellung beim einäugigen Sehen 8. Grenze der beidäugigen Tiefenwahrnehmung 10. Porrhallaktische Wirkung binokularer Instrumente 11. Einführung der Objektaugen und der Begriffe orthopisch, chiastopisch 14/15. Einführung der Einstellungsebene für das direkte Sehen 44/45. Theorie der Modellwirkung bei großem Objektivabstande 50. Ableitung der Fehlergrenzen bei der stereoskopischen Messung 182. Idee zu einem homöomorphen Stereoskop für die DRÜNERsche Camera 186. Konstruktion eines solchen vergrößernden Stereoskops gemeinsam mit A. KÖHLER 187.

Rollet, A.: (*1.*) Physiologische Versuche über binoculäres Sehen, angestellt mit Hilfe planparalleler Glasplatten. 133.
Wien. Ber. 1860. 42. 488—502, mit 2 Tafeln.

—, — und O. Becker: (*2.*) Beiträge zur Lehre vom Sehen der dritten Dimension. 133. 134.
Wien. Ber. 1861. 43. II. 667—706 mit 2 Tfln.

—, —, Prinzip eines stereoskopischen Entfernungsmessers beruhend auf der gegenseitigen Durchdringung zweier Räume 134.

Rollmann, W.: (1.) Notiz zur Stereoskopie. 82.
Pogg. Ann. 1853. 89. 350—351.

—, —: (2.) Zwei neue stereoskopische Methoden. (VIII. 53.) 83.
Pogg. Ann. 1853. 90. 186—187.

—, —: (3.) Réclamation de priorité pour une certaine disposition d'appareils stéréoscopiques. (23. VIII. 58.) 90.
C. R. 1858. 47. 337.

Rood, O. N.: (1.) On a method of producing stereographs by hand. 129.
Sill. Journ. 1861. (2) 31. 71.
The Brit. Journ. of Phot. 1861. 8. Nr. 136. 66—67.
Auch übersetzt unter dem Titel:
—, —: Ueber eine Methode, Stereografien durch Handzeichnung darzustellen.
Kr. Zft. f. Fot. u. Ster. 1861. 3. 140—142.

—, —: (2.) On the practical application of photography to the microscope. 118.
Sill. Journ. 1861. (2) 32. 186—193.
The Brit. Journ. of Phot. 1861. 8. Nr. 153. 378—380.

—, —, Versuche über das Glitzern 129.

Ross, A., Ausführung des Brewsterschen Prismenstereoskops 57.

Rouyer, J.: (1.) Coup d'œil rétrospectif sur la lunetterie précédé de recherches sur l'origine du verre lenticulaire et sur les instruments servant à la vision. 24. 35.
Paris, en vente chez l'auteur 58, rue Charlot, 1901. XII, 261 S. 8° mit Textfiguren.

Ruetesches Lehrbuch der Stereoskopie 179.

S.

[Sang, J.]: (1.) Stereoscopic pictures from flat surfaces. (The Times 19. X. 58.) 105.
Phot. Journ. 1858/59. 5. 48—49.
Siehe auch z. T. unter anderen Titeln:
Phot. News. 1858/59. 1. Nr. 8. 85—86; Nr. 10. 116—117.
The Brit. Journ. of Phot. 1858. 5. Nr. 81. 263—264.

Scarlet, Herstellung von Doppelfernrohren 30.

Schmalenberger, ..: (1.) Den Hohlspiegel als Stereoskop zu gebrauchen. 120.
(Würzb. gemeinn. Wochenschrift 1861. 28.)
Kr. Zft. für Fot. u. Ster. 1861. 3. 154.
Dinglers Polyt. Journ. 1861. 159. 467—468.

Schultze, F. E.: (1.) Ueber eine von ihm angegebene binoculare Präparirlupe. (Tagbl. 60. Vers. d. Natf. u. Aerzte Wiesbaden 1887. 112.) 161.
Zft. f. Mikrosk. 1888. 5. 217.
Siehe auch ebenda 1887. 4. 320.

Schwaiger, A. s. unt. B. Wiedhold (1.). 35.

Schyrl, A. M., Konstruktion von terrestrischen Doppelfernrohren mit einem Kopfschirm. Anpassung an den Objektabstand. Messung des Augenabstandes 24.

Scott, E. E.: (1.) Improvements in stereoscopes. 84.
E. P. 2581[56] vom 3. XI. 1856 prov. spec., vom 28. IV. 1857 compl. spec.

Selenka, E., Anregung zum Abbeschen stereoskopischen Okular 154.

Servus, H.: (1.) Die Geschichte des Fernrohrs bis auf die neueste Zeit. 23.
Berlin, J. Springer, 1886. VII, 135 S. 8° mit 8 Textfig.

Shadbolt, G.: (1.) Discussion on the stereoscope. (7. V. 57.) 84.
Phot. Journ. 1856/57. 3. Nr. 52. 273—276.
The Brit. Journ. of Phot. 1857. 4. Nr. 46. 99.

—, —*: (2.) The crystal miniature explained. 122.
The Brit. Journ. of Phot. 1864. 11. Nr. 209. 73—74.

—, —*: (3.) A note relative to the Chimenti drawings. 96.
The Brit. Journ. of Phot. 1864. 11. Nr. 216. 200.
* Die mit * bezeichneten Artikel sind zwar nicht unterzeichnet, aber mit großer Wahrscheinlichkeit auf den Herausgeber G. Sh. zurückzuführen.

Smith, R.: (1.) A compleat system of opticks in four books, viz. a popular, a mathematical, a mechanical, and a philosophical treatise. To which are added remarks upon the whole. 28. 29. 30.
Cambridge, im Selbstverlage u. bei C. Crownfield, 1738. 4° 1. (V) VI (VIII) 280 S. Mit 556 Fig. 2. (II) S. 281—465 Fig. 557—685.
The author's remarks: 1—171 (13). Mit 20 Tfln.

—, —, Theorie der Gesichtswahrnehmung 28/29. Versuche mit Zirkeln u. ä. Mit Hohlspiegeln 29. Mit dem Doppelfernrohr 29/30. Anfertigung der ersten stereoskopischen Zeichnung 30. 38. Einwirkung auf J. Harris 31. auf J. H. Lambert 32.

S[myth], C. P[iazzi]: (1.) Stereoscopic reform. 124.
The Brit. Journ. of Phot. 1864. 11. Nr. 232. 406—407.
Der Artikel ist mit größter Wahrscheinlichkeit auf diesen Autor zurückzuführen. Angegeben sind nur die Initialen.

—, —: (2.) A poor man's photography at the great pyramid [in the year 1865;], compared with that of the ordnance survey establishment, [subsidized by London wealth and] under the orders of Col. Sir Henry James R. E., [F. R. S., director-general of the ordnance survey,] at the same place four years afterwards.
(Read at a meeting Edinb. Phot. Soc. Dec. 1st 1869.) 118.

The Brit. Journ. of Phot. 1869. 16. Nr. 501. 591—593; Nr. 502. 602—604; Nr. 503. 615—616.
Auch als Sonderabdruck mit den in [ ] stehenden Erweiterungen.
London, H. GREENWOOD, 1870. 39 + 23 S. 8° mit 3 Textfig.

Smyth, C. Piazzi: (3.) Stereoscopic doings and photographic confession. 124.
The Brit. Journ. of Phot. 1873. 20. Nr. 677. 200.

—, —, stereoskopische Landschaftsaufnahmen auf Miniaturformaten 118. Empirische Bestimmung der stereoskopisch wirkenden Teile 118/119. Allmählicher Übergang zum WHEATSTONEschen Linsenstereoskop 124.

Soleil, N., Beziehung zu Sir DAVID BREWSTER 57.

Steinhauser, A.: (1.) Über die geometrische Construction der Stereoscopbilder. Ein Beitrag zur centralen Projection bearbeitet zum Gebrauche für Techniker und Fisiker. 145.
Graz, JOS. POCK, 1870. 8° (VIII) 52 S. mit 22 Fig. auf bes. Tafeln.

—, —: (2.) Stereoskopische Wandtafeln. 146.
CARL's Rep. 1876. 12. 389—392 mit 1 Tafel.

—, —: (3.) Die mathematischen Beziehungen zwischen dem Stereoskope und den zu demselben gehörigen Bildern. 146. 147.
CARL's Rep. 1877. 13. 433—446, mit 7 Fig. auf einer Tafel.

— —: (4.) Suggestions with regard to the stereoscope. 149.
Nature 1879/80. 21. 117.

—, —, Entwicklung der Theorie des Stereoskops aus der Lehre von der Perspektive 146. Theorie des BREWSTERschen Prismenstereoskops für einen auf endliche Entfernung akkommodierenden Beobachter 147/148.

Stephenson, J. W.: (1.) On an erecting binocular microscope. (Read 8. VI. 1870.) 141.
The Monthly Micr. Journ. 1870. 4. 61—63.

—, —: (2.) STEPHENSON's erecting binocular. (Read 6. III. 1872.) 141.
The Monthly Micr. Journ. 1872. 7. 167—168.

—, —: (3.) On bichromatic vision. (Read 3. IV. 1872.) 141.
The Monthly Micr. Journ. 1872. 7. 215—216.

Stolze, F.: (1.) Die photographische Ortsbestimmung ohne Chronometer, und die Verbindung der dadurch bestimmten Punkte unter einander. (Phot. Bibl. 1. erschienen am 3. XII. 1892.) 179.
Berlin, MAYER & MÜLLER, 1893. (IV Bl., 78 S. mit 25 Textfig.)

—, —: (2.) Die Stereoskopie und das Stereoskop in Theorie und Praxis. (Encykl. d. Phot. Heft 10.) 167. 170.
Halle a. S., W. KNAPP, 1894. V, 135 S. 8° mit 35 Textfig.

Stolze, F., sein Orthostereoskop 167. Theoretische Ansichten 170. Einführung der wandernden Marke für die stereoskopische Messung 180.

Sutton, Th.: (1.) The theory of the stereoscope. 100.
Phot. Not. 1856. 1. Nr. 8. 105—109.

—, —: (2.) A new form of stereoscope which represents objects as they really appear with respect to size and distance. 100.
Phot. Not. 1857. 2. 237—241 (1. VII.).
Die Mitarbeit G. B. AIRY's wird erwähnt.

—, —: (3.) The lenticular stereoscope. 129.
Phot. Not. 1860. 5. Nr. 94. 64—66.
Auch übersetzt unter dem Titel:
—, —: Das Linsen-Stereoskop.
Kr. Zft. f. Fot. u. Ster. 1860. 1. 283—284.

—, —: (4.) Leader. 123.
Phot. Not. 1860. 5. Nr. 97. 102—104.
Auch zum Teil (Portable reflecting stereoscope) übersetzt unter dem Titel:
—, —: Tragbares Reflexionsstereoskop.
KREUTZER's Zft. f. Fot. u. Ster. 1860. 2. 325—326.

—, —: (5.) Ross's new stereographic camera and lenses. 118.
Phot. Not. 1861. 6. Nr. 122. 129—131.
Auch übersetzt unter dem Titel:
—, —: Neuer stereografischer Dunkelkasten und Linsen von Ross.
Kr. Zft. f. Fot. u. Ster. 1861. 4. 48—50.

—, —: (6.) On E. EMERSON's improvements in the lenticular stereoscope. 129.
Phot. Not. 1862. 7. Nr. 138. 9—11.

—, —, Theorie des BREWSTERschen Prismenstereoskops. Identische Halbbilder im Stereoskop. Konstruktion eines tautomorphen WHEATSTONEschen Linsenstereoskops gemeinsam mit G. B. AIRY 100. Unmöglichkeit, Konvergenzaufnahmen befriedigend im Parallelstereoskop zu betrachten 100/101. WHEATSTONEsches Spiegelstereoskop für große Bilder 123/124. Panoramenstereoskope 124. Wiedergabe naher Gegenstände im Parallelstereoskop 129. Automatische Anpassung an den Augenabstand im BREWSTERschen Prismenstereoskop 129/130. Streit mit den beiden GRUBBS 142/143.

Swan, H.: (1.) Improvements in stereoscopes and stereoscopic pictures. 90.
E. P. 2020[59] vom 3. IX. 59 (Prov. sp. only).

—, —: (2.) Improvements in stereoscopes, stereoscopic pictures, and cameras for taking the same. 90.
E. P. 559[60] vom 29. II. 60 (prov. spec.), vpm 29. VIII. 60 (compl. spec.).

—, —: (3.) Improvements in stereoscopic apparatus. 116. 121.
E. P. 3249[62] vom 4. XII. (prov. spec.), vom 4. VI. 1863 (compl. spec.).

Swan, H.: (*4.*) On a new kind of miniature, possessing apparent solidity by means of combination of prisms in contact therewith. 121.
XXXIII. Meet. Brit. Ass. at Newcastle on Tyne, 1863. Not. 17.
The Brit. Journ. of Phot. 1863. 10. Nr. 198. 367—369.
Phot. Not. 1863. 8. Nr. 179. 221—222.

—, —: (*5.*) The casket miniature in relief. 122.
The Brit. Journ. of Phot. 1866. 13. Nr. 313. 217; Nr. 315. 237.

—, —: (*6.*) The crystal cube. 122.
The Br. Journ. of Phot. 1872. 19. Nr. 654. 549.

van Swinden, J. H., Auffindung der LIPPERHEYschen Patentakten 23.

T.

Talbot, H. F., stereoskopische Aufnahmen für CH. WHEATSTONE 46.

[Taylor, J. Traill]: (*1.*) Stereoscopic improvements. 143.
The Brit. Journ. of Phot. 1873. 20. Nr. 666. 59—60.

—, —: (*2.*) Stereoscopic photography. 162.
Brit. Journ. Phot. Alm. 1887. 53—70.

Thackeray, W. M., zur Einführung der holländischen Doppelfernrohre nach England 36/37.

Tolles, R. B.: (*1.*) Method of applying the binocular principle to the eye-piece of a microscope or telescope. (XII. 1864.) 114.
Sill. Journ. 1865 (March) (2) 39. 212—215, mit 1 Textfig.
Mit ganz unwichtigen Änderungen, die sich namentlich auf neu gezeichnete Figuren beziehen, abgedruckt auf den ersten Seiten des Artikels Binocular Eye-pieces. Journ. Roy. Micr. Soc. 1890. Part. 1. 383 bis 388, mit 6 Textfig.

Tourtual, C. Th.: (*1.*) Die Dimension der Tiefe im freien Sehen und im stereoskopischen Bilde. (XI. 1841.) 44.
Münster, COPPENRATH, 1842. X, 95 S. 8⁰ mit 2 Figurentafeln.

—, —, Widerspruch gegen CH. WHEATSTONE. Einführung der „Horopter"ebene. Wahres Relief von zwei identischen Zeichnungen 44.

Traber, Z.: (*1.*) Nervus opticus ſive tractatus theoricus, in tres libros opticam catoptricam dioptricam distributus. In quibus radiorum à lumine, vel objecto per medium diaphanum proceſſus, natura, proprietates, & effectus, ſelectis, & rarioribus experientijs, figuris, demonſtrationibusque exhibentur. 27.
Viennae Auſtriae, Typis J. CHR. COSMEROVIJ, 1675. (24) 225 S. fol. 4 + 14 + 17 Kupfertaf.

Traber, Z., Drehvorrichtung für Objekte. Konstruktion von Spiegelguckkästen 27.

Tyndall, J.: (*1.*) On binocular vision and the stereoscope (Roy. Instit. Erstes Halbjahr 56). 106.
Phot. Journ. 1856/57. 3. 96—102; 116—121, mit 9 Textfig.
—, —: Corrections. (19. XI. 56.) 106.
Phot. Journ. 1856/57. 3. 167—168.

—, —, Übersetzung DOVEscher Artikel 54. Stellung zur Entwicklungsgeschichte des Stereoskops 106.

V.

Valenta, E. (*1.*) s. u. J. M. EDER und E. VALENTA (*1.*). 166.

—, —: (*2.*) Mitteilungen aus Wien. 166.
Phot. Mitt. 1895/96. 32. 380—383.

da Vinci, L., Bemerkung zur Theorie der Gesichtswahrnehmung 28/29.

Voigtländer, Fr.: (*1.*) Fünfjähriges Privilegium auf die Erfindung der Doppel-Theater-Perspektive. Ertheilt am 19. VIII. 1823. 34.
Beschreibung 1. 301.

— und Sohn: (*2.*) Galiläische Perspective neuer Art mit achromatischen Ocularen und Objectiven zum Gebrauche im Theater und im Freien. Nach der Berechnung des Herrn Dr. PETZVAL. 37.
Pogg. Ann. 1844. 62. 159—160.
DINGL. Journ. 1844. 92. 472.

W.

Warner, W. H. and R. Ch. Murray: (*1.*) Improvements in stereoscopes. 125.
E. P. 799⁶⁸ vom 7. III. 1868 (prov. prot. only).
Siehe auch Stereoscopes. The Brit. Journ. of Phot. 1868. 15. Nr. 443. 521.

—, —: (*2.*) The portable stereoscope and panoramic slide. (Liv. Amat. Phot. Ass. vom 31. III. 1881.) 125.
The Brit. Journ. of Phot. 1881. 28. Nr. 1092. 170—171.

Wellmann, V.: (*1.*) Hülfsmittel zur Erkennung von Bewegungserscheinungen auf Photographien des Sternhimmels. (23. VIII. 1892.) 161.
A. N. 1892. 131. Nr. 3122. 31—32.

Wenham, F. H.: (*1.*) On the application of binocular vision to the microscope. (Read 25. V. 53.) 71. 72. 83.
Trans. Micr. Soc. London. 1853. (2) 1. 1—13.

—, —: (*2.*) Binocular microscope. 73.
Quart. Journ. Micr. Soc. 1854. 2. 132—134.

—, —: (*3.*) Some remarks on obtaining

photographs of microscopic objects, and on the coincidence of the chemical and visual foci of the object glasses. (Read 22. XI. 1854.) 74.
Trans. Lond. Micr. Soc. 1855 (2) **3.** 1—7.

Wenham, F. H.: (*4.*) Binocular and stereoscopic vision. (20. III. 58.) 88.
The Br. Journ. of Phot. 1858. **5.** Nr. 69. 117—118.

—, —: (*5.*) On an improved binocular microscope. (13. VI. 1860). 111. 112.
Trans. Micr. Soc. London 1860 (2) **8.** 154 bis 156.

—, —: (*6.*) On a new combined binocular and single microscope. (Read 12. XII. 1860.) 112.
Trans. Lond. Micr. Soc. 1861 (2) **9.** 15—19.

—, —: (*7.*) Remarks on the binocular microscope. 113. 129.
Quart. Journ. Micr. Soc. 1861. (2) **1.** 109 bis 111.

—, —: (*8.*) Micro-stereographs. 113.
Quart. Journ. Micr. Soc. 1863 (2) **3.** 77—78. und
—, —: Stereoscopic photographs of diatoms. 113.
ebenda, 1864, (2) **4.** 204—205.

—, —: (*9.*) On a binocular microscope for high powers. (Read 9. V. 1866.) 115.
Trans. Lond. Micr. Soc. 1866 (2) **14.** 103 bis 106.

—, —: (*10.*) Binoculars for the highest powers. 141.
The Monthly Micr. Journ. 1873. **9.** 216—219.
Siehe auch die historischen Bemerkungen in dem Artikel:
—, —: Refracting prism for binocular microscopes. 141.
ebenda, 1874. **12.** 129—130.

—, —: (*11.*) The binocular with high powers. 141.
Journ. Roy. Micr. Soc. 1878. **1.** 221.

—, —, Arbeiten zum Binokularmikroskop 71—72. Ablehnung des Doppelmikroskops 71. 74. Erstes (pseudomorphes) Refraktionsprisma 72. Erste Idee zu einem zweiäugigen Mikroskop 73/74. Erste mikrophotographische Methoden 74. Vorführung des Eikonoskops 83. Prioritätsreklamation gegen H. Helmholtz. Vorschlag eines stereoskopischen Entfernungsmessers 88. Erstes orthomorphes Refraktionsprisma 111/112. Das Reflexionsprisma 112/113. Mikrostereoskopische Aufnahmen mit verschieden gerichteten Beleuchtungskegeln 113/114. Verwendung der gleichzeitig durchlassenden und spiegelnden Luftschicht im binokularen Mikroskop 115. Doppelmikroskop zur Prüfung ebener Darstellungen auf Identität 129. Zweites orthomorphes Refraktionsprisma 141. Letzte Äußerung zu den binokularen Mikroskopen 141/142.

Westien, H.: (*1.*) Doppel-Objectivlinsen mit gemeinschaftlichem Sehfelde. 161.
D. R. P. 38207 vom 25. V. 1886.
Zft. f. Instrkde. 1887. **7.** 295—296.

Wheatstone, Ch.: (*1.*) Contributions to the physiology of vision. — Part the first. On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. (Received and read 21. VI. 1838.) 39. 40. 41.
Phil. Trans. 1838. 371—394 mit 2 Tfln.
Phil. Mag. 1852. (4) **3.** 241—267 mit 2 Tfln. (April-Heft).
Siehe die Übersetzung von Aug. Franz:
—, —: Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Erster Theil. Ueber einige merkwürdige und bis jetzt unbeobachtete Erscheinungen beim Sehen mit beiden Augen.
Poggend. Ann. Ergänzungsb. I. 1842. 1—48.

—, —: (*2.*) On a singular effect of the juxtaposition of certain colours under particular circumstances. 48.
XIV. Meet. Br. Ass. at York 1844. 10.

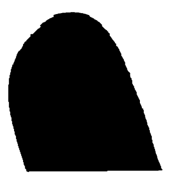
—, —: (*3.*) The Bakerian lecture. — Contributions to the physiology of vision. — Part the second. On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision [continued]. (Received and read 15. I. 1852.) 45. 64. 65. 66. 67. 69.
Phil. Trans. 1852. 1—17, mit 1 Tfl.
Phil. Mag. 1852. (4) **3.** 504—523, mit 1 Tfl. (Erg.-Heft).

—, —: (*4.*) On the binocular microscope, and on stereoscopic pictures of microscopic objects. (Read 27. IV. 1853.) 71.
Trans. Micr. Soc. 1853. (2) **1.** 99—102.

—, —: (*5.*) Note on a new portable reflecting stereoscope. (21. V. 53.) 67. 69.
Phot. Journ. 1853 54. **1.** 61—62.

[—, —]: (*6.*) s. auch unter [Sir David Brewster (*16.*)]. 48. 95.

—, —, Erklärung der Pseudoskopie 13. Erste Veröffentlichung der Idee des Stereoskops 39. Genaue Analyse des ersten Vortrags 39—43. Erste unbewußte Veröffentlichung der pseudoskopischen Erscheinung. Bemerkungen zur Konversion 43. Verwendung der Photographie für das Stereoskop 45/46. Seine Priorität über L. Moser 46. Vergebliche Versuche das Stereoskop in den Handel einzuführen 47. Seine Theorie der „flatternden“ Herzen 48. Genaue Analyse des zweiten Vortrags 65—67. Höhenverstellung der Linsen 67/68. Sein Pseudoskop. Behandlung der Konvergenzaufnahmen 68. Sein Linsenstereoskop 68/69. Mikrostereoskopische Aufnahmen. Seine stereoskopische Wippe 71. Verteidigung gegen die Angriffe Sir David Brewsters 94—96. Brief an F. Moigno 95.



Wheatstonesches Linsenstereoskop 67, 69. Nach A. CLAUDET 84. Nach E. E. SCOTT 84. für ein tautomorphes Raumbild nach TH. SUTTON 100/101. Allmähliche Annahme durch CH. PIAZZI SMYTH 124. Durchführung der Idee von H. HELMHOLTZ 124/125, von F. STOLZE 167.

Wiedenburg, J. E., Theorie des beidäugigen Sehens 28.

Wiedhold, B. und A. Schwaiger: (*1.*) Fünfjähriges Privilegium auf Verbeſſerung der Voigtländer'ſchen Doppel-Perſpektive. Ertheilt am 15. III. 1825. 35.
Beſchreibung 1. 302.

Wilson, G. W., schöne stereoskopische Glasbilder 119.

Witt, G.: (*1.*) Über Handfernrohre. 172.
Himmel u. Erde 1900. 12. 173—187 (mit 13 Fig.).

Wolf, M.: (*1.*) Die Photographie der Planetoiden. 161.
A. N. 1895. 139. Nr. 3319. 97—112.

Wolff, L.: (*1.*) Improvements in apparatus for copying drawings &c. 145.
E. P. 4916^{78} vom 2. XII. 1878.

Wülfing, E., hohe Einstellungsgenauigkeit 181.

Wundt, W.: (*1.*) Ueber die Entstehung des Glanzes. (Vorgtr. nat. med. Ver. Heidelberg am 26. IV. 61). 93.
Verh. nat. med. Ver. Heidelb. II. IV.
Kr. Zft. f. Fot. u. Ster. 1861. 4. 199—200.

Z.

Zachariä, A. W.: (*1.*) Ueber das Luftbild, welches der sphärische Hohlspiegel zeigt. (II. 1814.) 33.
Gilb. Ann. 1814. 46. = (2) 16. 315—323, mit 1 Fig.

Zahn, J.: (*1.*) Oculus artificialis teledioptricus sive teleſcopium, ex abditis rerum naturalium & artificialium principiis protractum novâ methodo, eâque ſolidâ explicatum ac comprimis è triplici fundamento phyſico ſeu naturali, mathematico dioptrico et mechanico, ſeu practico ſtabilitum. Opus curioſum practico-theoricum magna rerum varietate adornatum, multorum votis diu expetitum, omnibus artium novarum ſtudioſis perquam utile: quo philoſophiae atque matheſi praeſertim mixtae, nec non univerſo pene hominum ſtatui ampliſſimis adjumentis conſulitur; nova plurima abſtruſa curioſa technaſmata recluduntur, ipsaque ars teleſcopiaria facillime addiſcenda, ac ſumptibus non adeò magnis in praxin adducenda proponitur, adeoque teleſcopium ex tenebris in lucem aſſeritur. 24. 28.
Herbipoli, Sumptibus QUIRINO HEYL, 1685. fol. 1. (18) 218 S. 23 Kupf. 2. (8) 271 S. 20 Kupfer. 3. (18) 281 S. 27 Kupf.

—, —, Konstruktion von Doppelfernrohren. Bestimmung des Augenabstandes 28.

Zeiss, C., Konstruktion der Feldstecher, Relief-Fernrohre 175, Relief-Standfernrohre 176 mit vergrößertem, der Theatergläser mit verkleinertem Objektivabstande 177, der GROUSILLIERSschen Entfernungsmesser 181, der aus der GREENOUGHschen Idee entstandenen Doppelmikroskope 184, der homöomorphen Stereoskope für die DRÜNERsche Camera 187.

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

schienenen, wi

einzelnen Raum

s

𝔅
hene Abbildung
in der Regel ebener,
ischer Halbbilder)

Halb-

b
Die Betrac
tung der Ha
bilder
(Die
Stereoskop

skopien
nden
utoma-
irkende
sche
hren

β	α	β
Mit Sammelwirkung (Vergrößerung)	Ohne Sammelwirkung (Vergrößerung)	M Sa me wi ku (V grö run
0 11 12	13 14	15

